# COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

# DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

# COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

# DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

**PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.**

**TOME CENT QUATRE-VINGT-DIX-HUITIÈME.**

JANVIER – JUIN **1934.**

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1934

# ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1934

## SCIENCES MATHÉMATIQUES.

### SECTION Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

HADAMARD (*Jacques*-Salomon), O. ✱.
GOURSAT (*Édouard*-Jean-Baptiste), C. ✱.
BOREL (Félix-Édouard-Justin-*Émile*), O. ✱.
LEBESGUE (*Henri*-Léon), O. ✱.
CARTAN (*Élie*-Joseph), O. ✱.
.......................

### SECTION II. — *Mécanique.*

VIEILLE (*Paul*-Marie-Eugène), G. C. ✱.
LECORNU (*Léon*-François-Alfred), C. ✱.
DRACH (*Jules*), O. ✱.
JOUGUET (Jacques-Charles-*Émile*), O. ✱.
VILLAT (*Henri*-René-Pierre), ✱.
BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), ✱.

### SECTION III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (*Henri*-Alexandre), C. ✱.
BAILLAUD (Édouard-*Benjamin*), G. O. ✱.
HAMY (*Maurice*-Théodore-Adolphe), O. ✱.
ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), ✱.
MAURAIN (*Charles*), O. ✱.
LA BAUME PLUVINEL (Eugène-*Aymar*, comte DE), ✱.

### Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

LALLEMAND (Jean-Pierre, *dit Charles*), O. ✻.
FOURNIER (François-*Ernest*), G. C. ✻, ✠.
BOURGEOIS (Joseph-Émile-*Robert*), G. C. ✻.
FICHOT (Lazare-*Eugène*), G. O. ✻.
PERRIER (Antoine-François-Jacques-Justin-*Georges*), C. ✻.
TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), C. ✻.

### Section V. — *Physique générale.*

VILLARD (*Paul*), O. ✻.
BRANLY (*Édouard*-Eugène-Désiré), G. O. ✻.
BRILLOUIN (Louis-*Marcel*), O. ✻.
PERRIN (*Jean*-Baptiste), C. ✻.
COTTON (*Aimé*-Auguste), O. ✻.
FABRY (Marie-Paul-Auguste-*Charles*), O. ✻.

## SCIENCES PHYSIQUES.

### Section VI. — *Chimie.*

LE CHATELIER (*Henry*-Louis), G. O. ✻.
BÉHAL (*Auguste*), G. O. ✻.
URBAIN (*Georges*), O. ✻.
BERTRAND (*Gabriel*-Émile), O. ✻.
MATIGNON (Arthème-*Camille*), O. ✻.
DELÉPINE (Stéphane-*Marcel*), O. ✻.

### Section VII. — *Minéralogie.*

BARROIS (*Charles*-Eugène), C. ✻.
DOUVILLÉ (Joseph-*Henri*-Ferdinand), O. ✻.
WALLERANT (*Frédéric*-Félix-Auguste), O. ✻.
LAUNAY (*Louis*-Auguste-Alphonse DE), C. ✻.
CAYEUX (*Lucien*), O. ✻.
JACOB (*Charles*-François-Étienne), ✻.

**Section VIII.** — *Botanique.*

Messieurs :

Mangin (*Louis*-Alexandre), G. O. ✻.
Costantin (*Julien*-Noël), O. ✻.
Lecomte (Paul-*Henri*), O. ✻.
Dangeard (*Pierre-Augustin*-Clément), O. ✻.
Molliard (*Marin*), O. ✻.
Blaringhem (*Louis*-Florimond), ✻.

**Section IX.** — *Économie rurale.*

Leclainche (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻.
Viala (*Pierre*), C. ✻.
Lapicque (*Louis*-Édouard), C. ✻.
Fosse (*Richard*-Jules), ✻.
......................
......................

**Section X.** — *Anatomie et Zoologie.*

Bouvier (*Louis*-Eugène), C. ✻.
Marchal (*Paul*-Alfred), C. ✻.
Joubin (*Louis*-Marie-Adolphe-Olivier-Édouard), C. ✻.
Mesnil (*Félix*-Étienne-Pierre), O. ✻.
Gravier (*Charles*-Joseph), O. ✻.
Caullery (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), O. ✻.

**Section XI.** — *Médecine et Chirurgie.*

Arsonval (Jacques-*Arsène* d'), G. C. ✻.
Richet (Robert-*Charles*), G. O. ✻.
Bazy (*Pierre*-Jean-Baptiste), C. ✻.
Vincent (Jean-*Hyacinthe*), G. O. ✻.
Achard (Émile-*Charles*), C. ✻.
.........................

## SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-*Émile*), G. C. ✻, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-*Alfred*), C. ✻, pour les sciences physiques.

## ACADÉMICIENS LIBRES.

BLONDEL (*André*-Eugène), C. ✻.
JANET (*Paul*-André-Marie), C. ✻.
BRETON (*Jules-Louis*).
OCAGNE (Philibert-*Maurice* D'), C. ✻.
BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), O. ✻.
DESGREZ (*Alexandre*), O. ✻.
SÉJOURNÉ (Aignan-*Paul*-Marie-Joseph), G. O. ✻.
CHARCOT (*Jean*-Baptiste-Étienne-Auguste), C. ✻.
HELBRONNER (*Paul*), O. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. ✻.

## MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (*Paul*), G. O. ✻, à Toulouse.
FLAHAULT (*Charles*-Henri-Marie), O. ✻, à Montpellier.
GRIGNARD (François-Auguste-*Victor*), C. ✻, à Lyon.
WEISS (*Pierre*-Ernest), O. ✻, à Strasbourg.
NICOLLE (*Charles*-Jules-Henri), C. ✻, à Tunis.
CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), ✻, à Nancy.

## APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

CHARPY (Augustin-*Georges*-Albert), O. ✻, à Paris.
LUMIÈRE (*Louis*-Jean), C. ✻, à Neuilly-sur-Seine.
LAUBEUF (Alfred-*Maxime*), C. ✻, à Toulon.
CLAUDE (*Georges*), O. ✻, à Rueil (Seine-et-Oise).
GUILLET (*Léon*-Alexandre), C. ✻, à Paris.
REY (*Jean*-Alexandre), C. ✻, à Paris.

## ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

VOLTERRA (*Vito*), G. O. ✻, à Rome.
HALE (*George* Ellery), à Pasadena (Californie).
THOMSON (Sir *Joseph* John), à Cambridge (Angleterre).
BRÖGGER (*Waldemar Christofer*), C. ✻, à Oslo.
BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. O. ✻, à Bruxelles.
PATERNÒ DI SESSA (*Emanuele*), G. O. ✻, à Palerme.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
TORRES QUEVEDO (*Leonardo*), C. ✻, à Madrid.
RUTHERFORD (Lord *Ernest*), à Cambridge (Angleterre).
WILSON (*Edmund Beecher*), à New York.
ZEEMAN (*Pieter*), à Amsterdam.
EINSTEIN (*Albert*), à Coq-sur-Mer (Belgique).

# CORRESPONDANTS.

## SCIENCES MATHÉMATIQUES.

### SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

HILBERT (*David*), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✻, à Louvain.
LARMOR (Sir *Joseph*), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (*Leonard Eugene*), à Chicago.
NÖRLUND (*Niels Erik*), ✻, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Kharkow (Ukraine).
BIRKHOFF (*George* David), à Cambridge (Massachusetts).
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
FABRY (Charles-*Eugène*), ✻, à Marseille.
COTTON (*Émile*-Clément), ✻, à Grenoble.

**Section II.** — *Mécanique* (10).

Messieurs :

LEVI-CIVITA (*Tullio*), à Rome.
WADDELL (*John Alexander Low*), à New York.
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, à Toulouse.
ROY (*Louis*-Maurice), à Toulouse.
AUCLAIR (Noël-Marie-*Joseph*), O. ✻, à Bellevue.
STODOLA (*Aurel*), à Zurich.
LOVE (*Augustus Edward Hough*), à Oxford.
HAAG (*Jules*), ✻, à Besançon.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), ✻, à Strasbourg.
.....................................

**Section III.** — *Astronomie* (10).

DYSON (Sir *Frank* Watson), à Greenwich.
GONNESSIAT (*François*), ✻, à Alger.
CAMPBELL (*William Wallace*), O. ✻, au Mount Hamilton (Californie).
FABRY (*Louis*), ✻, à Marseille.
FOWLER (*Alfred*), à Londres.
BROWN (*Ernest William*), à New Haven (Connecticut).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Bordeaux.
STROOBANT (*Paul*-Henri), ✻, à Uccle.
SCHLESINGER (*Frank*), à New Haven (Connecticut).
SITTER (*Willem* DE), à Leiden.

**Section IV.** — *Géographie et Navigation* (10).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
DAVIS (*William Morris*), ✻, à Cambridge (Massachusetts).
BERLOTY (Camille-Marie-Antoine-*Bonaventure*), ✻, à Ksara (Syrie).
BOWIE (*William*), à Washington.
GERLACHE DE GOMERY (le baron *Adrien* DE), O. ✻, à Bruxelles.
RICHARD (*Jules*), O. ✻, à Monaco.
SCHOKALSKY (*Jules*), ✻, à Leningrad.
VANSSAY DE BLAVOUS (*Pierre*-Marie-Joseph-Félix-Antoine DE), O. ✻, à Monaco.
VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
BINGER (Louis-*Gustave*), G. O. ✻, à l'Isle-Adam (Seine-et-Oise).

### SECTION V. — *Physique générale* (10).

Messieurs :

GUILLAUME (*Charles-Édouard*), C. ✻, à Sèvres.
MATHIAS (*Émile*-Ovide-Joseph), ✻, à Clermont-Ferrand.
BRAGG (Sir *William* Henry), à Londres.
MILLIKAN (*Robert Andrews*), à Pasadena (Californie).
GUYE (*Charles-Eugène*), ✻, à Genève.
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford.
CABRERA (*Blas*), à Madrid.
GUTTON (*Camille*-Antoine-Marie), O. ✻, à Paris.
BUISSON (*Henri*-Auguste), O. ✻, à Marseille.
CABANNES (*Jean*), ✻, à Montpellier.

## SCIENCES PHYSIQUES.

### SECTION VI. — *Chimie* (10).

GUNTZ (*Antoine*-Nicolas), O. ✻, à Nancy.
WALDEN (*Paul*), à Rostock (Allemagne).
PICTET (*Amé*), O. ✻, à Genève.
RECOURA (*Albert*), O. ✻, à Grenoble.
SENDERENS (*Jean-Baptiste*), ✻, à Rabastens-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
HADFIELD (Sir *Robert* Abbott), O. ✻, à Londres.
POPE (Sir *William* Jackson), à Cambridge (Angleterre).
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), ✻, à Paris.
SWARTS (*Frédéric*-Jean-Edmond), O. ✻, à Gand.
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).

### SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

HEIM (*Albert*), à Zurich.
BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), ✻, à Mathieu (Calvados).
LUGEON (*Maurice*), C. ✻, à Lausanne.

Messieurs :

MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻, à Paris.

OSBORN (*Henry Fairfield*), à Garrisson (New York).

VERNADSKY (*Wladimir*), à Leningrad.

CESÁRO (*Giuseppe* Raimondo Pio), à Liége.

GIGNOUX (*Maurice*-Irenée-Maria), ✻, à Grenoble.

LERICHE (*Maurice*-Henri-Charles), ✻, à Uccle-Bruxelles.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

## SECTION VIII. — *Botanique* (10 + 1).

DE VRIES (*Hugo*), à Lunteren (Pays-Bas).

SAUVAGEAU (*Camille*-François), ✻, à Bordeaux.

CHODAT (*Robert*-Hippolyte), ✻, à Pinchat, près de Genève.

LECLERC DU SABLON (Albert-*Mathieu*), ✻, à Vénéjan (Gard).

JUMELLE (*Henri*-Lucien), ✻, à Marseille.

MAIRE (*René*-Charles-Joseph-Ernest), ✻, à Alger.

SCOTT (*Dukinfield Henry*), à Oakley, Hants (Angleterre).

DANIEL (*Lucien*-Louis), ✻, à Rennes.

IKENO (*Seiitirô*), à Tokyo.

PERRIER DE LA BÂTHIE (*Henri*-Alfred-Joseph), ✻, à Saint-Pierre-d'Albigny, Savoie.

DEVAUX (*Henri*-Edgard), ✻, à Bordeaux.

## SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

PERRONCITO (*Edoardo*), C. ✻, à Turin.

IMBEAUX (Charles-*Édouard*-Augustin), O. ✻, à Nancy.

RUSSELL (Sir Edward *John*), à Harpenden (Angleterre).

RAVAZ (Étienne-*Louis*), O. ✻, à Montpellier.

SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), O. ✻, à Mustapha-Alger.

THEILER (Sir *Arnold*), à Weybridge (Angleterre).

LAGATU (*Henri*-Désiré), O. ✻, à Montpellier.

SMITH (*Theobald*), à Princeton (New Jersey).

MARCHAL (*Émile*-Jules-Joseph), à Gembloux (Belgique).

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

**SECTION X.** — *Anatomie et Zoologie* (10 + 1).

Messieurs :

RAMON CAJAL (*Santiago*), C. ✻, à Madrid.
BOULENGER (*George-Albert*), à Bruxelles.
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Montpellier.
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-*Albert*), ✻, à Marseille.
LAMEERE (*Auguste*-Alfred-Lucien-Gaston), ✻, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
LÉGER (*Louis*-Urbain-Eugène), O. ✻, à Grenoble.
PELSENEER (*Paul*), O. ✻, à Bruxelles.
MORGAN (*Thomas Hunt*), à Pasadena (Californie).
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Strasbourg.
GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✻, à Genève.
CHATTON (*Édouard*-Pierre-Léon), ✻, à Sète.

**SECTION XI.** — *Médecine et Chirurgie* (10).

PAVLOV (*Ivan* Petrovitch), à Leningrad.
YERSIN (*Alexandre*-John-Émile), C. ✻, à Nha-Trang (Annam).
WRIGHT (Sir *Almroth* Edward), à Londres.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Oxford.
FREDERICQ (*Léon*), à Liége.
FORGUE (*Émile*), C. ✻, à Paris.
CARREL (*Alexis*), C. ✻, à New York.
LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), C. ✻, à Lyon.
FLEXNER (*Simon*), C. ✻, à New York.
CANTACUZÈNE (*Jean*), G. O. ✻, à Bucarest.

# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES

## DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

### SÉANCE DU MERCREDI 3 JANVIER 1934.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET, PUIS DE M. ÉMILE BOREL.

---

M. **CHARLES RICHET**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1933.

*État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1934.*

*Comptes rendus des séances de l'Académie.* — Les tomes 194 (1er semestre de l'année 1932) et 195 (2e semestre de l'année 1932) sont parus avec leurs tables et ont été mis en distribution.

Les numéros des 1er et 2e semestres de l'année 1933 sont parus, chaque semaine, avec la régularité habituelle. Les tables du 1er semestre sont sur le point de paraître.

*Mémoires de l'Académie.* — Le tome 61 est en préparation.

*Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835.

Un volume de tables générales est en voie d'achèvement.

*Annuaire de l'Académie.* — L'Annuaire pour 1934 est paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

### *Membres décédés depuis le 1er janvier 1933.*

*Section de Géométrie.* — M. **Paul Painlevé**, le 29 octobre, à Paris.

*Section de Mécanique.* — M. **Augustin Mesnager**, le 6 février, à Paris.

*Section d'Économie rurale.* — M. **Albert Calmette**, le 29 octobre, à Paris; M. **Émile Roux**, le 3 novembre, à Paris.

*Section de Médecine et Chirurgie.* — M. **Édouard Quénu**, le 28 juillet, à Paris.

### *Membres élus depuis le 1er janvier 1933.*

*Section de Mécanique.* — M. **Louis de Broglie**, le 29 mai, en remplacement de M. Augustin Mesnager, décédé.

*Associés étrangers.* — M. **Pieter Zeeman**, le 19 juin, en remplacement de Sir Ray Lankester, décédé; M. **Albert Einstein**, le 26 juin, en remplacement de M. Albert Michelson, décédé.

### *Membres à remplacer.*

*Section de Géométrie.* — M. **Paul Painlevé**, mort à Paris, le 29 octobre 1933.

*Section d'Économie rurale.* — M. **Albert Calmette**, mort à Paris, le 29 octobre 1933; M. **Émile Roux**, mort à Paris, le 3 novembre 1933.

*Section de Médecine et Chirurgie.* — M. **Édouard Quénu**, mort à Paris, le 28 juillet 1933.

### *Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1933.*

*Pour la Section de Mécanique.* — M. **Jules Andrade**, le 25 février, à Brighton-Plage, Somme; M. **Magnus de Sparre**, le 27 février, à Lyon.

*Pour la Section d'Astronomie.* — M. **Aloys Verschaffel**, le 24 janvier, à Villefranque, Basses-Pyrénées.

*Pour la Section de Chimie.* — M. **Robert de Forcrand de Coiselet**, le 20 avril, à Nice.

*Pour la Section de Minéralogie.* — M. **Georges Friedel**, le 11 décembre, à Strasbourg.

*Pour la Section d'Économie rurale.* — M. **Charles Porcher**, le 24 décembre, à Paris.

*Pour la Section d'Anatomie et Zoologie.* — M. **Johannes Schmidt**, le 21 février, à Copenhague.

*Correspondants élus depuis le 1er janvier 1933.*

*Pour la Section de Mécanique.* — M. **Jules Haag**, à Besançon, le 3 avril, en remplacement de M. Henri Villat, élu membre de la Section de Mécanique; M. **René Thiry**, à Strasbourg, le 4 décembre, en remplacement de M. Jules Andrade, décédé.

*Pour la Section d'Astronomie.* — M. **Frank Schlesinger**, à New Haven, Connecticut, le 8 mai, en remplacement de M. Herbert Hall-Turner, décédé; M. **Willem de Sitter**, à Leiden, le 15 mai, en remplacement de M. Aloys Verschaffel, décédé.

*Pour la Section de Géographie et Navigation.* — M. **Felix Andries Vening Meinesz**, à Amersfoort, Hollande, le 27 mars, en remplacement de M. Antonio Luiz de Teffé, décédé; M. **Gustave Binger**, à l'Isle-Adam, le 3 avril, en remplacement de M. Jean Tilho, élu membre de la Section de Géographie et Navigation.

*Pour la Section de Minéralogie.* — M. **Maurice Leriche**, à Uccle, Belgique, le 16 janvier, en remplacement de M. Albert Durand de Grossouvre, décédé.

*Pour la Section de Botanique.* — M. **Henri Devaux**, à Bordeaux, le 3 avril.

*Pour la Section d'Économie rurale.* — M. **Émile Marchal**, à Gembloux, Belgique, le 3 juillet, en remplacement de M. Bernhard Bang, décédé.

*Pour la Section d'Anatomie et Zoologie.* — M. **Édouard Chatton**, à Sète, le 3 juillet.

*Correspondants à remplacer.*

*Pour la Section de Mécanique.* — M. **Magnus de Sparre**, mort à Lyon, le 27 février 1933.

*Pour la Section de Minéralogie.* — M. **Georges Friedel**, mort à Strasbourg, le 11 décembre 1933.

*Pour la Section d'Économie rurale.* — M. **Charles Porcher**, mort à Paris, le 24 décembre 1933.

*Pour les Sections qui seront désignées par l'Académie :*

*A.* — Le correspondant suivant pour la Section de Géométrie : M. **René Baire**, mort à Chambéry, le 5 juillet 1932.

*B.* — Le correspondant suivant pour la Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Johannes Schmidt**, mort à Copenhague, le 21 février 1933.

*C.* — Le correspondant suivant pour la Section de Chimie : M. **Robert de Forcrand de Coiselet**, mort à Nice, le 20 avril 1933.

*D.* — Le correspondant suivant pour la Section de Physique générale : M. **Pieter Zeeman**, élu Associé étranger, le 19 juin 1933.

---

En prenant possession du fauteuil de la Présidence, M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

J'ai été très sensible à l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant à présider vos séances, et je m'efforcerai de justifier votre confiance par mon zéle et mon dévouement aux intérêts de l'Académie et de la Science. Succéder à notre illustre Confrère Charles Richet m'apparaîtrait comme une charge bien lourde, si je ne savais qu'elle sera singulièrement allégée par le concours de nos dévoués Secrétaires perpétuels et de notre Vice-Président M. Dangeard.

Ce fut pendant quelques années une habitude presque rituelle chez vos Présidents de déplorer en cette première séance le bruit des conversations

qui empêchent souvent d'entendre les orateurs et de vous exhorter, sans trop d'espoir d'ailleurs, à réformer vos habitudes.

Ces exhortations n'ont pas eu grand succès, et je ne crois pas que personne le regrette vraiment, car nous sommes habitués à l'atmosphère si vivante de notre Académie et aucun de nous ne désirerait que la physionomie de nos réunions hebdomadaires fût trop profondément modifiée; nos séances n'ont rien de cette solennité un peu froide que l'on qualifie quelquefois d'académique, dans un sens légèrement péjoratif. Cela tient à ce que notre Académie est véritablement le centre le plus important de l'activité scientifique française; les savants étrangers de passage à Paris viennent à nos réunions, car ils sont certains d'y rencontrer, non seulement des Membres et des Correspondants de l'Académie, mais d'autres savants français, parisiens et provinciaux. De nombreuses questions concernant les progrès de la science et l'organisation de la recherche scientifique sont traitées ici tous les lundis, parfois dans les communications officielles, souvent aussi dans des conversations particulières. Je me contenterai donc d'émettre, après beaucoup de mes prédécesseurs, le vœu que ces deux formes d'activité et de travail puissent continuer à coexister, en se gênant mutuellement le moins possible.

On s'intéresse dans cette demeure à tout ce qui peut être utile à la Science; c'est dire que l'initiative de notre confrère Jean Perrin pour la création d'un service de la recherche scientifique a rencontré ici un accueil particulièrement favorable, et que nous avons applaudi aux réalisations obtenues, grâce à la foi agissante et à l'enthousiasme communicatif de notre éminent Confrère. L'œuvre qu'il a entreprise va avoir son couronnement par l'organisation définitive très prochaine du Conseil supérieur de la recherche scientifique dans lequel l'Académie occupera une très large place, tant par ses délégués officiels que par ceux de ses Membres qui y figureront à des titres divers. Les effets bienfaisants de cette nouvelle organisation ne tarderont pas à être reconnus de tous, et les inquiétudes sur l'avenir de la science française qu'avaient manifestées au lendemain de la guerre beaucoup de nobles esprits, parmi lesquels vous me permettrez de citer nos regrettés confrères Charles Moureu, Paul Appell et Paul Painlevé, se trouveront définitivement apaisées.

Il est remarquable et l'on pourra trouver paradoxal que cette organisation systématique de la recherche scientifique se réalise en France à un moment où quelques esprits distingués mettent en doute la valeur et l'importance humaine jusqu'ici incontestée de la Science et de ses applications.

La crise sévère que subit l'univers entier a provoqué bien des théories et bien des systèmes. Tout a été dit à son sujet, y compris les affirmations les plus contradictoires. Certains ont ainsi soutenu que la Science est la grande responsable de la crise, que le chômage et la misère sont dus aux progrès du machinisme, et l'on a été jusqu'à préconiser une trêve des inventeurs. Pourquoi pas une mise en sommeil des savants et des laboratoires?

Il ne faudrait pourtant pas déplacer les responsabilités. Le simple bon sens devrait forcer chacun à reconnaître que si, grâce aux progrès de la Science, on produit avec moins de travail tous les objets nécessaires ou simplement agréables, si l'on arrive également à éviter certaines maladies et à prolonger la vie humaine, les hommes devraient pouvoir, non seulement améliorer leur existence matérielle, mais également, grâce aux loisirs accrus, goûter des joies intellectuelles et artistiques jusqu'ici réservées à un trop petit nombre. Pour que ces prévisions optimistes se réalisent, il est évidemment nécessaire que les progrès de la Science et de l'industrie soient accompagnés de progrès correspondants dans les méthodes de circulation et de distribution des richesses. Il ne servirait de rien d'augmenter la production du blé, de la viande, des vins ou du café si ces produits devaient s'accumuler dans certains pays en quantité surabondante, alors qu'ils feraient défaut ailleurs. Mais ces questions économiques, auxquelles se mêlent souvent très fâcheusement des questions politiques, ne sont pas de notre domaine; nous ne pouvons qu'émettre des vœux à leur sujet, et nous devons consacrer, comme par le passé, tous nos efforts à servir de notre mieux la Science, qui est tout d'abord la recherche désintéressée de la vérité, mais qui doit être aussi la source féconde du progrès matériel et moral de l'humanité.

Je vous invite, mes chers Confrères, à reprendre le cours de nos travaux.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur M.* CHARLES PORCHER, par M. **E. LECLAINCHE.**

La Section d'Économie rurale a perdu l'un de ses correspondants, M. **CHARLES PORCHER**, Inspecteur général des Écoles nationales vétérinaires, décédé le 24 décembre.

Né à Nantes, le 20 janvier 1872, Charles Porcher fait à l'École vétérinaire d'Alfort de brillantes études; il est attaché au laboratoire de chimie de Paul Adam, l'un des meilleurs élèves de Grimaux; il étudie ensuite la physiologie, avec Kaufmann, et la bactériologie avec un pasteurien de la première heure, Edmond Nocard.

Répétiteur de chimie à Alfort et licencié ès sciences physiques, il continue l'étude de la bactériologie à l'Institut Pasteur de Paris. Ses premiers travaux, consacrés à la chimie pure, portent sur le carbone asymétrique et le dédoublement de l'acide monochlorosulfonéthanoïque; ils sont jugés remarquables par Ph. A. Guye; mais c'est vers la chimie biologique que s'oriente tout naturellement son activité. Ses recherches d'urologie concernent le pouvoir réducteur et le pouvoir rotatoire des urines, la formation et l'élimination par le rein des composés indoliques, le métabolisme des glucides au début et au cours de la lactation. Une série de travaux sur le lactose et la lactosurie le conduisent à rechercher l'origine de ce bihexose et ses rapports avec les autres constituants du lait, les chlorures en particulier.

Professeur à l'École vétérinaire à Lyon en 1897, Porcher va pouvoir se consacrer entièrement à l'étude du lait et de la laiterie. C'est en physiologiste qu'il entreprend l'étude chimique du lait et cette inspiration donne à toutes ses publications une singulière originalité. Il montre que les variations incessantes du taux des sels et du lactose ne constituent pas des accidents de la sécrétion, mais qu'elles tendent au maintien ou au rétablissement d'un équilibre de la concentration moléculaire nécessaire au fonctionnement de la glande. Les problèmes soulevés ne concernent pas seulement la physicochimie du lait et les conditions normales et anormales de sa sécrétion; ils comprennent aussi l'étude industrielle de sa production économique, de sa manipulation, de sa conservation et de sa stérilisation. Tandis que les industries du lait et des produits dérivés jouent dans l'économie rurale un rôle prédominant, les questions d'hygiène alimentaire soulevées par leur consommation ont une importance considérable. Grâce à sa formation biologique et bactériologique, Porcher aborde tous ces sujets avec la même autorité et le même succès. Dans l'industrie laitière, ses suggestions aboutissent à des techniques nouvelles, à l'abandon ou au redressement des procédés empiriques. Son ouvrage sur le *lait desséché* et les thèses qu'il inspire sont remplis d'utiles enseignements, en même temps qu'ils apportent à l'hygiène infantile une précieuse contribution.

En 1921, Porcher fonde un organe d'étude et de documentation, *Le Lait*,

revue mensuelle aujourd'hui répandue dans le monde entier, à laquelle il sut conserver un haut caractère scientifique.

Avec une installation des plus modestes et des ressources très limitées, le laboratoire de Lyon devient l'un des centres appréciés des techniciens du lait et l'on y réalise d'importantes recherches. Porcher aborde l'étude de « la constitution du lait » par une méthode constructive originale qui se montre d'une fécondité remarquable. Il expose les principes de cette « méthode synthétique », d'abord dans une conférence à la Société de Chimie biologique, en 1929, puis dans sa Thèse de doctorat ès sciences physiques. Il détermine le rôle de chacun des constituants du lait et parvient à reconstituer artificiellement, par leur association en proportions définies, les divers types de lait rencontrés dans la nature. Il montre que les laits artificiels et les laits naturels se comportent de façon identique en présence de la présure, le ferment-lab, et il étudie minutieusement le mécanisme de cette réaction. Séduisante application d'une méthode qui ouvre à la biologie de larges perspectives et qui comporte des possibilités illimitées.

Appelé à Paris, en 1931, dans les fonctions d'Inspecteur général des Écoles vétérinaires, Porcher avait aussitôt installé un laboratoire de fortune et repris le cours de ses recherches. Peut-être, en dépit des résistances rencontrées, aurait-il réussi à réaliser l'un de ses vœux les plus chers : doter son pays d'un centre d'étude sur le lait, tel qu'en possèdent nombre de pays étrangers, tel qu'il en avait créés lui-même chez les nations qui avaient fait appel à ses conseils.

D'une activité débordante, Porcher avait la foi et l'enthousiasme de l'apôtre. Avec lui disparaît un esprit d'élite, un savant probe et désintéressé, un noble caractère.

Porcher avait été élu correspondant, dans la Section d'Économie rurale, le 17 novembre 1930.

L'Académie adresse à sa famille l'hommage de ses regrets et de sa vive sympathie.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Expériences culturales sur la Pomme de terre dans les Pyrénées.* Note [1] de M. **J. Costantin.**

Les essais réalisés précédemment dans les Alpes sur la culture de la Pomme de terre ayant donné des résultats intéressants qui paraissent

[1] Séance du 26 décembre 1933.

devoir conduire, d'ici peu, à des applications pratiques agricoles, il m'a paru utile d'essayer de les vérifier dans d'autres régions montagneuses, notamment dans les Pyrénées. C'est grâce à Bouget, botaniste à l'Observatoire de Physique du Globe du Pic du Midi que mes expériences ont été exécutées. Cet Institut scientifique pouvait m'aider grandement par les observations météorologiques qui y sont faites.

Une première culture fut mise en train au milieu de mai avec la variété *Bintje* venant de Hollande; malheureusement cette variété très précoce n'a pu convenir avec la saison climatérique très défavorable de la vallée de l'Adour en 1933. Le temps fut exceptionnellement *chaud et sec pendant l'été* (3 juillet au 6 septembre) d'après les observations faites aux deux stations de l'Observatoire, à Bagnères-de-Bigorre (550$^{m}$) et au Pic du Midi (2860$^{m}$). L'effet sur la végétation de la Pomme s'est fait sentir dès le commencement d'août et tout particulièrement dans les terres légères. L'accroissement foliaire s'est arrêté le 10 août et les feuilles et tiges ont commencé à se dessécher. Vers le 20 septembre, toutes les tiges de *Bintje* étaient sèches. L'arrachage a eu lieu le 5 octobre.

Depuis 1899, on n'avait pas vu une saison aussi désastreuse. Dans certains quartiers, en terre légère et à exposition chaude, les propriétaires n'ont *pas même retrouvé la quantité de semence* avec des variétés du pays. La variété *Bintje* a été partout supérieure aux types pyrénéens; il me paraît cependant prudent de ne pas publier les chiffres des récoltes de ce type hollandais en 1933; je répéterai l'essai l'an prochain afin d'avoir des résultats normaux.

Si je me décide cependant à publier, dès aujourd'hui, quelques rendements, c'est qu'il s'agit d'un essai fait, non pas avec des semences achetées à l'étranger (*Bintje*) que je ne connaissais pas, mais, au contraire, avec des matériaux récoltés dans les Alpes, en 1932, par moi et mes collaborateurs MM. Lebard et Magrou. Les tubercules employés étaient *sains*, c'est-à-dire débarrassés d'ultra-virus ou de microbes invisibles et avaient été contrôlés par les cultures antérieures : c'était là des semences très rares certainement dans les Pyrénées.

Si le climat de 1933 a été tout à fait mauvais pour *Bintje*, il devait en être de même pour nos variétés saines des Alpes : il n'en a rien été pour une raison assez curieuse. Par suite de grosses difficultés qui se sont présentées d'une manière inattendue, au début de 1933, qui ont rendu critique l'emmagasinage à Paris de nos tubercules récoltés en 1932, on n'a pu envoyer ces Pommes de terre dans les Pyrénées que très tardivement. Leur plantation n'a pu être faite à Bagnères-de-Bigorre (550$^{m}$) que le 6 juin et à Peyras (1400$^{m}$) que le 16 juin : ce sont là, comme on le voit, des dates anormales pour les deux altitudes précédentes (on plante ordinairement au début de mai à 550$^{m}$ et au milieu de mai à 1400$^{m}$). Ce contre-temps laissait prévoir un insuccès. L'inverse s'est cependant produit. Comme pour *Bintje*, les conditions défavorables de l'année 1933

se sont fait sentir du début du juillet au 6 septembre; au moment de l'arrachage de *Bintje* (le 5 octobre), toutes nos variétés alpestres étaient encores vertes et elles ont gardé longtemps leur chlorophylle en octobre et même en novembre. Or, pendant ces deux derniers mois, le temps étant redevenu normal a permis à nos Pommes de terre de reprendre une extrême vigueur. Cela a compensé et même largement l'effet d'un été néfaste (¹). Il est à remarquer que si l'été a été exceptionnellement sec et chaud, il n'y a pas eu de brouillards à 1400$^{m}$ : le ciel a été presque constamment pur et la luminosité très grande.

L'échec que nous craignions s'est transformé non en un plein succès, comme dans les plantations faites dans les Alpes, mais les résultats sont, comme on va le voir, satisfaisants et très intéressants pour les variétés saines aussi bien que pour les dégénérées. Voici les rendements des premières :

---

(¹) Pour les variétés du pays, rustiques et adaptées aux conditions pyrénéennes, le 10 août elles ont perdu leurs feuilles latérales en conservant des feuilles plus ou moins réduites au sommet de leurs tiges. Vers le 15 septembre (quand la saison est redevenue normale), ces derniers types ont repris une végétation plus vigoureuse, même luxuriante pour certaines variétés.

La floraison a été nulle dans certaines formes hâtives et rare dans les variétés rustiques.

Certains types rustiques ont donné, à la repousse, des rejets avec tubérisation de seconde génération.

Les premières plantations et des variétés hâtives ont donné généralement une bonne récolte.

Le rendement des plantations et des variétés tardives a été très mauvais dans les sols légers et les meilleures récoltes ont été trouvées dans les sols modérément argileux. C'est dans ces derniers terrains et dans les champs d'altitude élevée que la Pomme de terre commune et la *Violette* ont donné les plus beaux résultats.

Sur les champs à exposition fraîche la *Violette* a donné le meilleur rendement et des tubercules sains.

D'autre part, j'ai cultivé, au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, 10 tubercules venant des Pyrénées : 5 tubercules de *Violette* et 5 tubercules de la *variété nouvelle issue de Violette*. Avec la première le rendement moyen au pied a été 1$^{kg}$,612 et avec la seconde 1$^{kg}$,675. Ce sont de bons résultats.

**Variétés saines.**

| Variétés. | Pieds. | Nombre de tubercules par pied. | Rendement d'un pied. |
|---|---|---|---|
| 1° **Peyras** (1400$^{m}$) : date de plantation, 16 juin; d'arrachage, 29 novembre. | | | |
| *Triumph :* | | | |
| venant de La Grave (1500$^{m}$) | $1^{er}$ | 12 | 850$^{g}$ |
| | $2^{e}$ | 41 | 3150 |
| | $3^{e}$ | 28 | 1600 |
| *Bevelander :* | | | |
| *a.* venant du Lautaret (2100$^{m}$) | $1^{er}$ | 43 | 2750 |
| | $2^{e}$ | 35 | 1800 |
| | $3^{e}$ | 41 | 2200 |
| *b.* venant de La Grave (1500$^{m}$) | $1^{er}$ | 35 | 1950 |
| | $2^{e}$ | 45 | 2400 |
| | $3^{e}$ | 38 | 2000 |
| *Arran-Victory :* | | | |
| donné par M. Murphy venant de La Grave (1500$^{m}$) | $1^{er}$ | 50 | 2450 |
| | $2^{e}$ | 30 | 1850 |
| | $3^{e}$ | 33 | 1950 |
| 2° **Bagnères-de-Bigorre** (550$^{m}$) : date de plantation, 6 juin; d'arrachage, 29 novembre. | | | |
| *Triumph :* | | | |
| venant de La Grave (1500$^{m}$) | $1^{er}$ | 10 | 150 |
| | $2^{e}$ | 12 | 150 |
| | $3^{e}$ | 14 | 450 |
| *Bevelander :* | | | |
| *a.* venant du Lautaret (2100$^{m}$) | $1^{er}$ | 14 | 450 |
| | $2^{e}$ | 19 | 550 |
| | $3^{e}$ | 21 | 600 |
| *b.* venant de La Grave (1500$^{m}$) | $1^{er}$ | 21 | 450 |
| | $2^{e}$ | 20 | 700 |
| | $3^{e}$ | 22 | 800 |
| *Arran-Victory :* | | | |
| donné par M. Murphy venant de La Grave (1500$^{m}$) | $1^{er}$ | 16 | 1150 |
| | $2^{e}$ | 12 | 1000 |
| | $3^{e}$ | 11 | 800 |

(Pour ne pas surcharger ce tableau, j'indique seulement que j'ai obtenu des résultats semblables avec *Czarine* et *Industrie.*)

En somme, *l'altitude augmente le rendement* comme dans les Alpes; un fait très net découle aussi de ce tableau, c'est qu'à 1400$^m$ *le nombre des tubercules de chaque pied est plus élevé*. Malgré la saison défavorable en 1933 dans la vallée de l'Adour (Pyrénées), on voit apparaître parfois des rendements élevés de 3$^{kg}$,150 (*Triumph*), 2$^{kg}$,750 (*Bevelander*), des pieds produisant 45 (*Bevelander*) et 50 tubercules (*Arran Victory*).

VARIÉTÉS DÉGÉNÉRÉES. — PEYRAS (1500$^m$).

| Variétés. | Pieds. | Nombre de tubercules par pied. | Rendement d'un pied. |
|---|---|---|---|
| *Eigenheimer :* | | | |
| (Mosaïque) | 1$^{er}$ | 12 | 500$^g$ |
| | 2$^e$ | 17 | 600 |
| *Belle de Juillet :* | | | |
| (Enroulement) | 1$^{er}$ | 20 | 650 |
| | 2$^e$ | 16 | 500 |
| | BAGNÈRES-DE-BIGORRE (550$^m$). | | |
| *Eigenheimer :* | | | |
| (Mosaïque) | 1$^{er}$ | 6 | 100 |
| | 2$^e$ | 14 | 250 |
| *Belle de Juillet :* | | | |
| (Enroulement) | 1$^{er}$ | 10 | 100 |
| | 2$^e$ | 11 | 100 |

(Résultats analogues avec *Irish Chieftain* et *Imperia*.)

Il découle de ce deuxième tableau que *l'altitude diminue l'intensité de la dégénérescence, aussi bien pour la Mosaïque que pour l'Enroulement.*

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le Court-Noué, maladie parasitaire de la vigne.* Note de MM. **P. Viala** et **P. Marsais**.

La maladie, très ancienne, que les viticulteurs désignent sous le nom de *Court-Noué*, est caractérisée, dans ses symptômes morphologiques, surtout par un rabougrissement de la souche et par la multiplication exagérée des rameaux secondaires (entre-cœurs) qui impriment à la plante un aspect buissonnant; les mérithalles sont très courts, les nœuds parfois tangents et imbriqués, les feuilles petites et lasciniées, les fleurs avortées.

La plante manifeste une dépression progressive, d'année en année, de sa vigueur végétative; mais elle peut vivre longtemps dans cet état de rabougrissement. Celui-ci peut, suivant les circonstances, débuter à tout âge de la vigne, et même dès les premières années de la plantation; tout dépend du moment auquel l'introduction du parasite s'est produite dans la tige. La mort de la plante peut ne survenir qu'au bout d'une dizaine d'années; mais, dès la deuxième ou troisième année qui suit l'infection, la vigne voit disparaître sa production de raisins.

Le *Court-Noué* des sarments peut être provoqué par diverses causes parasitaires, dont certaines ont été spécifiées; tel est le cas pour le *Stereum necator*, parasite déterminant la maladie de l'Esca.

Les cas les plus fréquents de *Court-Noué*, auxquels se rapportent les maladies du *Roncet* en Bourgogne, de *Vigne Persillée*, de *Jauberdat* dans l'Aude, de *Mal nero* en Italie, de *Marromba* au Portugal, de *Reisig-Krankheit* en Allemagne, sont le résultat constant de l'action d'un Champignon parasite, le *Pumilus medullae* spc. nov.

Cette première Note est une prise de date pour les résultats par nous obtenus dans l'étude de cette maladie, d'importance grave, dont l'origine a été rapportée, jusqu'à ce jour, à des causes diverses (physiologiques, mycorhizes, mycélium endophyte et radiculaire, bactéries, virus filtrants, etc.).

Le *Court-Noué* a déconcerté de nombreux chercheurs qui, tous, ont involontairement négligé les lésions internes de la maladie, très caractéristiques cependant et très faciles à déceler.

Ces lésions résident uniquement dans le tronc, et, en fendant les tiges par leur centre, depuis l'insertion des rameaux jusqu'à celle des racines, au talon, on les retrouve toujours, très apparentes et développées. C'est leur constance qui nous a frappés depuis plusieurs années, dans toutes les régions du vignoble de France, de l'Algérie et de l'Étranger où nous avons pu les étudier. Le mal nous paraît répandu dans le vignoble du monde entier, avec une gravité parfois désastreuse, toujours importante. Mais nous ne sachons pas qu'il ait été jamais observé à l'état épidémique, comme le Mildiou ou le Phylloxera, par exemple. Le Court-Noué est le plus souvent limité et s'étend assez lentement autour des premiers points envahis. Son maintien ou son retour dans un sol primitivement contaminé est constant; sa propagation par bouture ou par greffe est possible; le parasite, cause de la maladie, habitant sol, bouture ou greffon.

Les lésions les plus caractéristiques du *Court-Noué* sont situées dans l'inté-

rieur de la tige; elles envahissent d'abord la moelle jeune, qu'elles altèrent et qu'elles noircissent à un point tel que cette moelle, qui, normalement, disparaît par compression du bois, au bout de peu de temps (un, deux ou trois ans), persiste toujours et forme une traînée noire, qui s'élargit dans toute la tige jusqu'au talon, ouvert dans le sol. Dans les premiers temps, les diaphragmes du rameau (devenu tige) paraissent peu altérés; dans les tiges de trois ou quatre ans, ils sont détruits et la lésion dessine une bande noire continue qui tranche à côté du bois normalement blanchâtre du tronc.

Cette première lésion médullaire s'étend en largeur sur le pourtour de la moelle, en rapport avec les plaies de taille par où débute surtout l'invasion lorsque celle-ci ne se déclare qu'après la première taille.

A cette lésion médullaire primitive s'ajoutent, par l'action directe du parasite, d'autres lésions qui gagnent, par les rayons médullaires, le liber et le bois, qui noircissent par larges places. Le Champignon parasite, le *Pumilus medullæ*, gagne parfois, à travers le vieux bois des plaies de taille, l'extérieur de la tige où il détruit la partie libérienne; il s'étend en produisant de gros chancres caractéristiques de cette forme de Court-Noué, la plus grave.

Dans les lésions, de tous âges, de toutes situations, existe toujours en abondance, un mycélium que nous avons pu isoler, purifier et cultiver depuis deux ans et suivre dans son développement, assez complexe. Dans ces lésions des vignes court-nouées, le mycélium se présente à l'état brun foncé, presque noir, avec de nombreuses ramifications de plus en plus claires, certaines incolores, toujours cloisonné ou très cloisonné, un peu rigide. Dans les cultures, il est d'abord d'un blanc de neige, puis se fonce en vieillissant, jusqu'au gris brun ou noir. Deux formes de mycélium sont constantes : un microthalle et un macrothalle (diamètres extrêmes : 1,5 à 5 $\mu$). Entre ces deux extrêmes, les tubes moyens sont tout aussi fréquents dans les cultures que dans la nature. A l'état naturel ou en cultures artificielles un peu âgées, le cloisonnement est intense, toujours avec contenu cellulaire homogène, sans vacuoles. Ce mycélium pénètre la gélose et les pommes de terre stérilisées à chaud qu'il anéantit complètement.

Nous n'avons jamais observé, aussi bien à l'état naturel qu'en cultures, aucune forme de reproduction conidienne. Nous avons la conviction que le mycélium, très fragmenté par les cloisons dans le microthalle et dans les formes de dimensions moyennes, se multiplie par bouturage de ses nombreux fragments; c'est d'ailleurs par bouturage que nous avons ensemencé les milieux de culture.

Un autre moyen de multiplication réside dans la fragmentation unicellulaire du macrothalle, qui produit de grosses oïdies, de formes variées, dont l'étude sera détaillée dans un Mémoire ultérieur.

Enfin, si nous en avons rarement constaté, dans les bois envahis, soit dans la moelle, soit dans les rayons médullaires, nous avons par contre obtenu, dans des cultures spéciales, des pycnides avec très abondantes stylospores, pycnides très souvent composées d'un noir intense, à membranes très épaisses, crustacées et dures comme la pierre. Ces pycnides composées sont constituées par l'agglomération de pycnides individuelles à contenu indépendant dans le bloc d'ensemble, soudées par leurs membranes; parfois ces pycnides individuelles communiquent les unes avec les autres; on en compte de 2 à 12 dans la masse mammelonnée à la surface. Le bloc mesure 100 à 300$^{\mu}$; isolées, les pycnides sont sphériques et mesurent 90$^{\mu}$. Les très nombreuses stylospores sont incolores, naviculaires, à membrane épaisse et bien délimitée, plus amincie vers les deux extrémités (longueur 1$^{\mu}$,50, largeur 0$^{\mu}$,5), à contenu cellulaire homogène, avec quelques granulations; elles germent facilement et donnent presque aussitôt les diverses formes du thalle.

De très nombreuses cultures nous ont permis de fixer certains caractères de la biologie du *Pumilus medullæ;* ils seront exposés dans le Mémoire ultérieur. Ce parasite, dont la forme ascosporée reste à découvrir, appartient au groupe des Sphærioïdées de Saccardo et pourrait être rapproché du genre *Piptostomum*.

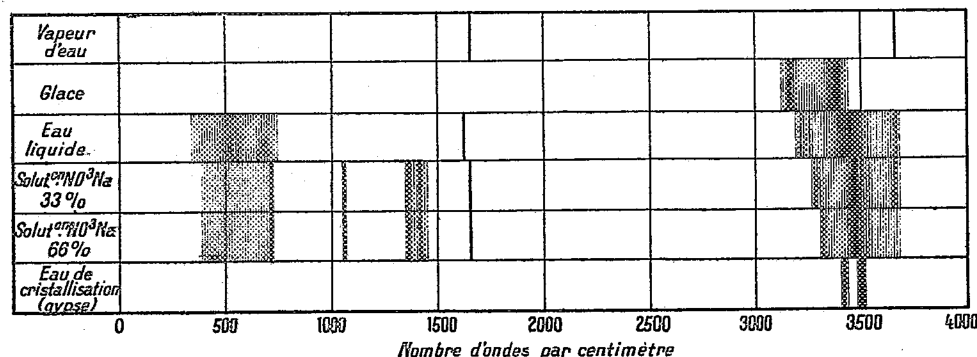
Nous résumerons, pour terminer, les observations que nous ont permis de préciser nos cultures et qui nous paraissent avoir une grande importance pour la lutte contre cette grave maladie.

En choisissant les milieux nutritifs et physiques les plus favorables au *P. medullæ*, en y incorporant des doses de plus en plus faibles de composés arsenicaux solubles, nous avons observé que le parasite non seulement ne se développe pas dans les milieux où ces arsenicaux sont à la dose de 5 pour 1000, mais nous n'obtenons aucun développement à des doses de 1 pour 1000, tandis que dans les mêmes milieux nutritlfs, sans arsenic, le développement du Champignon est remarquable de rapidité et de vigueur, d'un blanc de neige d'abord, d'un blanc noirâtre ensuite.

Le badigeonnage des plaies de taille, avec des solutions arsenicales, devrait, à priori, agir comme pour l'Esca. Mais avec le *P. medullæ*, une plus grande difficulté devra être résolue, car l'envahissement peut être réalisé déjà dans les bois annuels de multiplication, ou dès la deuxième ou troisième année de culture, après les premières plaies de taille.

EFFET RAMAN. — *Sur le spectre Raman de l'eau.*
Note [1] de MM. J. CABANNES et J. DE RIOLS.

De nombreuses recherches sur le spectre Raman de l'eau [2] ont conduit leurs auteurs à des conclusions si diverses, que nous avons cru bon de reprendre cette étude. Pour grouper sous les yeux du lecteur l'ensemble de nos résultats, nous reproduisons d'abord un dessin de nos spectres précédés du spectre de la vapeur d'eau.




*Résultats.* — Le spectre Raman de l'eau comprend une large bande vers 3450 $cm^{-1}$; une étroite bande en 1650 $cm^{-1}$; une bande beaucoup plus faible de 350 à 750 $cm^{-1}$ environ [3].

I. *Bande* 3450. — Elle s'étend sur 600 $cm^{-1}$ environ et présente un maximum central entouré de deux maxima moins intenses. Les fréquences correspondantes sont (en $cm^{-1}$) :

3224, 3436, 3625.

---

[1] Séance du 18 décembre 1933.

[2] KOHLRAUSCH, *Der Smekal-Raman Effekt*, Berlin, 1931, p. 129; BRUNETTI et OLLANO, *Rendiconti dei Lincei*, 12, 1930, p. 522; RAMASWAMY, *Nature*, 127, 1931, p. 558; RAFALOWSKI, *Bulletin de l'Académie polonaise*, 1931, p. 623; SPECCHIA, *Rendiconti*, *ibid.*, p. 659; BOLLA, *Nuovo Cimento*, 9, 1932, p. 290, et 10, 1933, p. 101; CABANNES et ROUSSET, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1333; *Annales de Physique*, 19, 1933, p. 271; HULUBEI, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1474; SILVEIRA, *ibid.*, p. 1336; 195, 1932, p. 416; MAGAT, *ibid.*, 196, 1933, p. 1981.

[3] Notre montage, moins lumineux que le dernier montage de Bolla, ne nous a pas permis d'observer les bandes 2150 et 3990 avec les temps de pose que nous avions adoptés.

*Ces trois radiations sont polarisées.* Pour la radiation 3436, ρ est voisin de 0,30; la radiation 3224 est encore plus polarisée. Lorsqu'on dissout du nitrate de sodium dans l'eau, on observe des changements de fréquence et d'intensité :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eau pure................. | 3224 | 3436 | 3625 |
| Eau 100g, nitrate 33g....... | 3262 | 3460 | 3636 (très affaiblie) |
| Eau 100g, nitrate 66g....... | 3298 | 3472 | » |

La composante 3625, la plus fine, disparaît sans trop changer de place; le reste de la bande se resserre et se déplace vers le rouge. Dans la glace la composante 3625 n'existe pas; les deux autres se retrouvent, bien séparées, en 3158 (étroite) et 3376 (large). Les deux mêmes composantes se retrouvent seules, plus étroites et mieux séparées encore, dans l'eau de cristallisation du gypse en 3411 et 3495; l'oscillation de fréquence 3411 est symétrique et l'oscillation de fréquence 3495, antisymétrique *par rapport à l'axe binaire du gypse.*

II. *Bande* 1650. — Cette bande, étroite et polarisée (ρ voisin de 0,4), est à peu près insensible à l'action du sel dissous. Nous l'avons trouvée en 1643 (eau pure) et en 1658 (solutions de nitrate).

Johnston et Walker (1) l'ont observée en 1648 dans le spectre Raman de la vapeur. Elle n'existe ni dans la glace, ni dans le gypse.

III. *Bande peu dispersée.* — Au voisinage de la raie non changée 4358 Å, nous avons observé dans l'eau pure une très faible bande polarisée avec deux maxima vers 550 et 700 cm$^{-1}$, déjà signalés par Bolla (*loc. cit.*) en 512 et 740, puis en 510 et 780 (2).

*Interprétation.* — Les deux raies 3654 et 1648 de la vapeur d'eau sont évidemment les deux raies symétriques $n_2$ et $n_3$ de la molécule angulaire $H^2O$. Pour expliquer l'absence de la raie antisymétrique dépolarisée $n_1$ dans le spectre de la vapeur, on pourrait la supposer cachée par la forte raie symétrique 3654, ce qui donnerait, pour l'angle α des deux valences de l'oxygène, une valeur voisine de 90°. En effet, cet angle est lié

(1) JOHNSTON et WALKER, *Physical Review*, 39, 1932, p. 535.

(2) Plusieurs auteurs ont signalé une bande encore plus rapprochée de la raie non changée, entre 150 et 225 cm$^{-1}$. Nous avons en effet observé, dans la lumière diffusée par l'eau et la glace, des maxima d'intensité au voisinage de la raie 4358 Å du mercure, caractérisés par les diminutions de fréquence 80, 145-175 et 225 cm$^{-1}$. Mais ces maxima, qu'on observe aussi bien dans la lumière diffusée par une surface de papier noir, doivent être attribués au spectre de mercure.

aux masses atomiques O et H et aux fréquences $n_1$ et $n_2$ par la relation

$$\cos\alpha = \frac{O+H}{H} \frac{n_2^2 - n_1^2}{n_2^2 + n_1^2}.$$

Mais l'analyse des bandes infrarouges de la vapeur d'eau (1) donne un angle de 105°. La raie $n_1$ de la vapeur d'eau serait donc en 3868 et, si elle n'a pas été aperçue jusqu'ici, c'est qu'elle est trop faible. La fréquence $n_1$ n'apparaît pas davantage dans le liquide, où nous n'avons pas observé de raie dépolarisée.

La composante 3625 de la bande polarisée de l'eau liquide n'existe ni dans la glace, ni dans le gypse. On peut admettre qu'elle est émise par la molécule simple $H^2O$, comme la raie 3654 de la vapeur. D'accord avec Brunetti et Ollano (*loc. cit.*) nous devons attribuer les bandes polarisées 3224 et 3436 à des polymères de la molécule $H^2O$.

Dans le gypse, où les molécules d'eau sont groupées par deux, on peut préciser davantage et attribuer les deux raies Raman 3411 et 3495 au dimère $2(H^2O)$. Puisque deux des modes d'oscillation des atomes d'hydrogène sont actifs dans la diffusion de la lumière, le groupement $2(H^2O)$ possède un centre de symétrie et les oscillations actives sont les oscillations symétriques par rapport à ce centre.

## NOMINATIONS.

M. **A. Cotton** et **Ch. Fabry** sont désignés pour représenter l'Académie à la distribution solennelle des récompenses de l'*Exposition Nationale du Travail « Les meilleurs ouvriers de France »*, à la Sorbonne, le 27 janvier 1934.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Edmond Bauer. *Introduction à la théorie des groupes et à ses applications à la physique quantique.*

(1) Mecke, *Zeitschrift für Physik*, 81, 1933, p. 313.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *L'espérance mathématique de la $m^{\text{ième}}$ valeur.* Note de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

La plus petite (grande) valeur parmi les $m$ plus grandes (petites) sera appelée la $m^{\text{ième}}$ valeur d'en haut (bas). Pour une distribution initiale illimitée $w(x)$ et pour un nombre très grand N d'observations les distributions finales des $m^{\text{ième}}$ valeurs autour de leurs valeurs dominantes $\tilde{u}_m$ et ${}_m\tilde{u} = \tilde{u}_{N-m+1}$ peuvent être écrites ([1]) sous une forme unique

$$(1)\qquad \mathfrak{w} = \frac{m^m}{(m-1)!}\alpha e^{\mp my - me^{\mp y}},$$

où le signe — s'applique à la distribution d'en haut $\mathfrak{w}_m$, pour laquelle

$$(2)\qquad \alpha = \alpha_m = \frac{N w(\tilde{u}_m)}{m},$$

et la variable finale est

$$(3)\qquad y = y_m = \alpha_m(x - \tilde{u}_m),$$

tandis que le signe + s'applique à la distribution d'en bas,

$$(4)\qquad {}_m\mathfrak{w} = \mathfrak{w}_{N-m+1},$$

pour laquelle

$$(5)\qquad \alpha = {}_m\alpha = \frac{N w({}_m\tilde{u})}{m},$$

et la variable finale est

$$(6)\qquad y = {}_m y = {}_m\alpha(x - {}_m\tilde{u}).$$

L'espérance mathématique de la $m^{\text{ième}}$ valeur exprimée au moyen de la variable finale sera

$$\bar{u} = \frac{m^m}{(m-1)!}\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\frac{y}{\alpha} - \tilde{u}\right)e^{\mp my - me^{\mp y}}\,dy.$$

Donc la différence entre l'espérance mathématique et la valeur dominante de la $m^{\text{ième}}$ valeur sera, d'après les transformations finales (3) et (6),

$$(7)\qquad \alpha(\bar{u} - \tilde{u}) = \bar{y},$$

([1]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1084 et 1382.

et l'on aura l'espérance mathématique de la variable finale de la distribution de la $m^{\text{ième}}$ valeur

$$\bar{y} = \frac{m^m}{(m-1)!}\int_{-\infty}^{+\infty} y e^{\mp(m-1)y - me^{\mp y}} e^{\mp y}\, dy.$$

En introduisant une nouvelle variable par

$$e^{\mp y} = \frac{z}{m}, \tag{8}$$

on obtient

$$\bar{y} = \frac{\mp 1}{(m-1)!}\int_0^{\infty} (\log z - \log m)\, z^{m-1} e^{-z}\, dz.$$

Introduisons les fonctions gamma. On obtient

$$\bar{y} = \pm \log m \mp \frac{d \log \Gamma(m)}{dm}.$$

On aura, d'après une propriété bien connue de la fonction gamma,

$$\bar{y} = \pm \log m \pm \gamma \mp \sum_{\nu=1}^{m-1} \frac{1}{\nu}, \tag{9}$$

où $\gamma$ est la constante d'Euler. En introduisant l'index $m$ on aura la relation

$$\bar{y}_m = -\,{}_m\bar{y}, \tag{10}$$

ce qui est une généralisation de la relation $\tilde{u}_m = -\,{}_m\tilde{u}$ qui vaut seulement pour des distributions initiales symétriques (¹).

L'espérance mathématique de la variable finale dans la distribution de la $m^{\text{ième}}$ valeur d'en haut est égale mais de signe contraire à la même quantité pour la $m^{\text{ième}}$ valeur d'en bas. On en tire, à l'aide de (2), (5), (7) pour des distributions symétriques, la relation évidente

$$\bar{u}_m = -\,{}_m\bar{u}. \tag{11}$$

Pour $m = 1$ on obtient l'espérance mathématique de la dernière et de la première valeur par $\bar{y}_1 = \gamma$; ${}_1\bar{y} = -\gamma$, ou par (7)

$$\bar{u}_1 = \tilde{u}_1 + \frac{\gamma}{N w(\tilde{u}_1)}, \qquad {}_1\bar{u} = {}_1\tilde{u} - \frac{\gamma}{N w({}_1\tilde{u})}. \tag{12}$$

---

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 965.

Pour de très grandes valeurs de $m$, on peut poser approximativement

$$\gamma = \sum_{\nu=1}^{m} \frac{1}{\nu} - \log m.$$

Par suite de (9) l'espérance mathématique de la $m^{\text{ième}}$ valeur se rapprochera de la valeur dominante, si $m$ augmente suffisamment. Cela résulte naturellement du fait que la distribution finale de la $m^{\text{ième}}$ valeur se resserre pour des valeurs croissantes de $m$. En général on aura pour l'espérance mathématique $\bar{u}_m$ et ${}_m\bar{u}$ des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs d'en haut et d'en bas d'après (7) et (9) :

$$(13) \qquad \bar{u}_m = \tilde{u}_m + \frac{m}{N w(\tilde{u}_m)} \left( \log m + \gamma - \sum_{\nu=1}^{m-1} \frac{1}{\nu} \right),$$

$$(14) \qquad {}_m\bar{u} = {}_m\tilde{u} - \frac{m}{N w({}_m\tilde{u})} \left( \log m + \gamma - \sum_{\nu=1}^{m-1} \frac{1}{\nu} \right).$$

L'espérance mathématique de la $m^{\text{ième}}$ valeur s'approchera de la dominante pour des nombres d'observations croissants, pourvu que les termes $m/Nw(\tilde{u}_m)$ et $m/Nw({}_m\tilde{u})$ augmentent plus lentement avec le nombre des observations que les valeurs dominantes elles-mêmes. Pour le calcul de l'espérance mathématique de la $m^{\text{ième}}$ valeur à l'aide de (13) et (14), on n'a qu'à calculer la dominante à l'aide des formules déjà indiquées.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Transformations successives de Ribaucour. Familles de systèmes cycliques concourants.* Note [1] de M. **P. Vincensini.**

1. Soient R de coordonnées $x_i(u, v)$ un réseau quelconque, E son équation de Laplace ponctuelle. Le rayon $C(u, v)$, d'une congruence quelconque harmonique à R, coupe les deux tangentes RU et RV de R aux points de coordonnées respectives $\left( x_i - \frac{\theta}{\frac{\partial \theta}{\partial u}} \frac{\partial x_i}{\partial u} \right)$, $\left( x_i - \frac{\theta}{\frac{\partial \theta}{\partial v}} \frac{\partial x_i}{\partial v} \right)$, $\theta$ étant une solution de E. Deux solutions distinctes $\theta_1$ et $\theta_2$ définissent un faisceau de solutions $\theta_1 + \lambda\theta_2$. On vérifie qu'à ce faisceau de solutions correspondent $\infty^1$ congruences C harmoniques à R, *telles que les rayons homologues (situés*

(1) Séance du 26 décembre 1933.

*dans un même plan tangent à* R) *concourent en un même point* R', *les différents faisceaux de rayons homologues étant homographiques.* R' décrit ce que, dans une Note antérieure ([1]), nous avons appelé un réseau *associé* à R.

Si l'on sait *a priori* qu'un réseau R' est associé à R, on peut déterminer les $\infty^1$ congruences C conjuguées à R' et harmoniques à R : on connaît, dans chaque plan tangent à R, le sommet R' du faisceau (C); en exprimant que le rayon d'une congruence harmonique à R situé dans le plan $(u, v)$ passe par R', on obtient une équation du premier ordre en $\theta$, formant avec E un système compatible donnant $\theta$ avec une constante arbitraire.

2. Supposons R orthogonal. Les congruences C sont cycliques, et tout réseau R', associé à R, fournit l'un des faisceaux de transformations de Ribaucour, effectuées par des systèmes cycliques décrits par des faisceaux de cercles tangents de la sphère $\Sigma$ de centre R' et de rayon R'R, que j'ai étudiés dans la Note citée. Il résulte du n° 1 que *deux* des transformations définissent le faisceau, et que, connaissant trois des systèmes cycliques réalisant le faisceau, les autres s'en déduisent géométriquement : $C_1$, $C_2$, $C_3$ étant les cercles générateurs des systèmes cycliques connus, le système général est décrit par l'intersection de $\Sigma$ avec le plan $\pi$ formant avec les plans de $C_1$, $C_2$, $C_3$ un rapport anharmonique constant.

La remarque suivante m'a permis d'approfondir davantage l'étude des transformations de Ribaucour d'une surface donnée. Envisageons un réseau *quelconque* R et un réseau associé R'; C étant l'une quelconque des congruences conjuguées à R' et harmoniques à R, *les différents réseaux harmoniques aux différentes congruences* C *admettent tous* R' *pour associé.*

3. R étant orthogonal, supposons connues deux (et par suite $\infty^1$) congruences cycliques C harmoniques à R définissant un réseau R' associé à R. Prenons l'une quelconque de ces congruences C; elle définit $\infty^1$ réseaux transformés de Ribaucour de R (portés par les surfaces orthogonales aux cercles associés à le congruence).

Nous obtenons ainsi une transformation à deux paramètres T $(\lambda, \alpha)$ du réseau R, $\lambda$ et $\alpha$ fixant, respectivement, la congruence C et le réseau transformé de R au moyen de C. Les $\infty^2$ réseaux $R_1$ transformés sont tous *concourants* avec R (admettent avec R une congruence harmonique commune).

Envisageons maintenant l'un quelconque des $\infty^2$ réseaux $R_1$ transformés; d'après la remarque du n° 2, R' est associé à tous les $R_1$. Connaissant R' on

---

([1]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1565.

pourra déterminer les $\infty^1$ congruences $C_1$ harmoniques à $R'$ et conjuguées à $R_1$ (n° 1).

Considérons l'une $C_1$ de ces congruences, et transformons, au moyen de $C_1$, $R_1$ en un nouveau réseau orthogonal $R_2$ par la méthode de Ribaucour; nous obtenons ainsi un réseau $R_3$ qui dépendra de quatre paramètres, $\lambda$, $\alpha$ et les paramètres analogues $\lambda_1$, $\alpha_1$, introduits dans le passage de $R_1$ à $R_2$. $R_2$ est *concourant* avec $R_1$, *mais non avec le réseau de départ* R. En poursuivant le procédé de transformation, on obtient une infinité de réseaux orthogonaux, correspondant tous à R par lignes de courbure, le réseau général dépendant d'autant de constantes arbitraires que l'on veut.

Le passage de R à $R_1$, $R_2$, ... laissant $R'$ fixe *ne modifie pas* les distances des points homologues R, $R_1$, $R_2$, ... à $R'$, de sorte que les points homologues des différents réseaux transformés sont situés, quels que soient $u$, $v$, sur une sphère $\Sigma(u, v)$ *normale à tous les éléments superficiels homologues des surfaces qui portent les réseaux*. D'ailleurs, aux lignes de courbure de toutes ces surfaces, correspond sur la surface, lieu des centres de $\Sigma$, un réseau conjugué (le réseau $R'$). On peut présenter la méthode de transformation qui précède comme une méthode de transformation des systèmes cycliques : *connaissant deux systèmes cycliques harmoniques à un même réseau orthogonal, on peut construire une famille, à une infinité de paramètres, de systèmes cycliques concourants avec les deux premiers.*

4. Le cas où le réseau orthogonal R se réduit à un *réseau point* donne lieu à des remarques intéressantes. Je me bornerai à dire que l'on peut y rattacher de façon presque intuitive le lien bien connu et si remarquable qui existe entre les deux problèmes, de la recherche des systèmes cycliques normaux à une surface donnée, et des surfaces ayant même répresentation sphérique qu'une surface donnée.

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Théorèmes de Meusnier et Moutard; surfaces algébriques osculatrices à une surface.* Note [1] de M. **Bertrand Gambier**.

1. Le théorème de Meusnier, *de nature métrique*, peut aussi être considéré comme un théorème de géométrie *projective :* nous allons en effet le démontrer par une voie intuitive en même temps que le théorème de

[1] Séance du 26 décembre 1933.

Moutard : *soient une surface* S, *un point ordinaire* M *de* S, *une tangente* MT *à* S, *non asymptotique; la conique* $C_2$ *osculatrice à la section* $s$ *de* S *par un plan* P *pivotant autour de* MT *engendre une quadrique* Q, *ayant avec* S, *en* M, *un contact d'ordre* 2. Le Mémoire où Darboux a repris ce théorème (1) a servi à définir les quadriques dites de Darboux, étudiées ensuite par divers géomètres, Sophus Lie, Wilczinski, MM. Bompiani, Fubini, etc. Il est utile pour la suite des déductions que je présente ici de remarquer que *la quadrique générale* ($z$ *étant regardé comme fonction de* $x$, $y$) *satisfait à deux équations aux dérivées partielles d'ordre* 3, résultat indiqué par Darboux, *que la surface cubique générale satisfait à trois équations aux dérivées partielles d'ordre* 5, *la surface de degré* 4 *à trois équations d'ordre* 7, *la surface de degré* 5 *à une équation d'ordre* 9. L'intérêt de ces résultats est qu'*ils sont en désaccord avec le dénombrement des coefficients arbitraires et des équations à former par dérivation pour réaliser l'élimination des coefficients; le désaccord cesse à partir du degré* 6 *pour les surfaces*. Pour le degré 3, un Mémoire de M. E. P. Lane (2) permet de retrouver le résultat que j'indique. Rappelons aussi que la sphère générale donne deux équations d'ordre 2.

2. Quand le plan P tourne autour de MT, la courbe algébrique plane $C_m$ de degré $m$, qui a avec $s$ un nombre de points communs réunis en M égal à $m(m+3)/2$, engendre une surface algébrique Q, car on peut substituer à S une surface algébrique S′ ayant avec S en M un contact d'ordre aussi élevé que l'on veut, en prenant le degré de S′ suffisamment élevé; même remarque pour le cercle osculateur $\gamma$. Si donc on étudie $C_2$ ou $\gamma$, la surface Q est une quadrique, car ni $C_2$ ni $\gamma$ ne peuvent dégénérer de façon à comprendre MT comme morceau de décomposition et ne recoupent plus MT en dehors de M; la quadrique Q, pour $\gamma$, est une sphère; le nombre de points 3, ou 5, communs à $\gamma$ ou $C_2$ avec $s$, est donc égal à $2p+q$, où $p$ est le nombre de branches de la courbe (S, Q) tangentes en M à MT, $q$ celui des autres branches; l'ordre de contact de S et Q est $p+q-1$; $p$ est aussi le nombre des plans passant par MT pour lesquels $\gamma$ ou $C_2$ a 4 ou 6 points communs avec $s$ réunis en M; pour le cas de la sphère, M n'étant pas ombilic, $p+q-1$ vaut 1, donc $p=q=1$ : *on a ainsi le théorème complet de Meusnier;* pour $C_2$ et la quadrique correspondante, on a $2p+q=5$, $p+q-1\leqq 2$, puisque le point M est quelconque et que les

(1) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, 4, 1880, p. 348-384.

(2) *Transactions of the American Mathematical Society*, 29, 1927, p. 471-480.

dérivées partielles de $z$ en $x$ et $y$ sur S en M ne satisfont pas aux conditions obtenues pour une quadrique : une discussion *arithmétique* élémentaire donne $p=2$, $q=1$ et *l'on a ainsi le théorème complet de Moutard.* (On a évidemment écarté le cas où S serait soit une sphère, pour Meusnier, soit une quadrique pour Moutard.) Dans les deux cas, le raisonnement est exactement le même et de nature projective, car nous n'avons fait intervenir que la notion de points communs.

3. Poursuivons cette méthode pour $C_3$ (en écartant le cas où S serait une quadrique ou une surface cubique). $C_3$ recoupe MT en $\mu$ et le petit arc issu de $\mu$ sur $C_3$ engendre, quand P tourne, une nappe de surface contenant la droite MT; si $p_1$ positions de P fournissent le même $\mu$, on a ainsi $p_1$ nappes contenant MT, de sorte que Q est de degré $3+p_1$; $p_1$ représente aussi le nombre de plans P pour lesquels $C_3$ admet un point double en M, ces plans étant chacun tangents à la nappe correspondante qui contient MT; Q comprend, outre ces $p_1$ nappes, une nappe Q′ qui ne contient pas MT; l'intersection (Q′, S) comprend $p_2$ branches tangentes à MT en M et $q$ branches passant en M non tangentes à MT; on a $2(p_1+p_2)+q=9$; comme plus haut, $p_2$ est le nombre des plans passant par MT pour lesquels $C_3$ a dix points communs avec $s$ réunis en M et $p_2+q-1$ est l'ordre de contact de S et de la nappe Q′; or $C_2$ et $C_3$ ont toujours cinq points communs entre elles, de sorte que la quadrique $\overline{\mathrm{Q}}$ relative à $C_2$ a un contact d'ordre 2 (ou plus élevé) avec Q′; donc $p_2+q-1\geqq 2$, $p_1+p_2\geqq 2$; ces considérations, à elles seules, ne suffisent pas, mais montrent que la valeur de $q$ ne peut être que 1, 3, 5; l'étude d'un cas concret montre que l'on a $p_2+q-1=2$, $q=1$, $p_2=2$, $p_1=2$.

4. Il résulte de cette étude que si l'on veut obtenir la surface de degré $m$ ayant avec S le contact le plus élevé possible en M et ayant M pour point simple, les courbes correspondantes $C_m$ ont avec $s$ un nombre de points communs, confondus en M, inférieur à $m(m+3)/2$ et recoupent MT en $m-2$ points fixes: l'ordre de contact en question est égal au degré minimum des équations aux dérivées partielles vérifiées par la surface algébrique générale de degré $m$, diminué d'une unité.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains problèmes mixtes, relatifs aux, équations linéaires du type elliptique.* Note [1] de M. **Georges Giraud.**

Considérons l'opération du type elliptique qui, pour les fonctions $u$ pourvues de dérivées secondes continues, se réduit à

$$\mathcal{F} u = \Sigma_{\alpha,\beta}\, a_{\alpha,\beta} \frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha \partial x_\beta} + \Sigma_\alpha b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + c u \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, m;\ a_{\alpha,\alpha} > 0).$$

Nous supposons que les $a_{\alpha,\beta}$ remplissent des conditions de Hölder dans un certain domaine borné $\mathcal{D}$, où les $b_\alpha$ et $c$ sont uniformément continus [2]. La frontière, connexe ou non, de $\mathcal{D}$ se compose par hypothèse de deux régions ouvertes $\mathfrak{S}$ et $\mathfrak{T}$, et de leur frontière commune $\mathcal{C}$; les hypothèses sur $\mathfrak{S} + \mathcal{C}$ et sur $\mathfrak{T} + \mathcal{C}$ sont semblables à celles dans lesquelles on sait traiter par la méthode de Fredholm les problèmes de Dirichlet et de Neumann [3]. Soient $\varpi_\alpha$ et $\varpi'_\alpha$ ($\alpha = 1, 2, \ldots, m$) les cosinus directeurs des normales à $\mathfrak{T} + \mathcal{C}$ et à $\mathfrak{S} + \mathcal{C}$ respectivement, dans les sens sortant de $\mathcal{D}$; on suppose qu'on a sur $\mathcal{C}$

$$\Sigma_{\alpha,\beta}\, a_{\alpha,\beta}\, \varpi_\alpha \varpi'_\beta = 0,$$

l'angle n'étant pas rentrant; en outre on suppose que $\mathcal{C}$ n'a pas de point multiple. Soient $\psi$ et $\varphi$ des fonctions continues sans plus, données sur $\mathfrak{T} + \mathcal{C}$: la première sert à définir l'opération $\Theta$ qui, pour les fonctions continûment dérivables, se réduit à

$$\Theta u = \Sigma_{\alpha,\beta}\, a_{\alpha,\beta}\, \varpi_\beta \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + \psi u.$$

Soit $\varphi^\star$ une fonction donnée sur $\mathfrak{S} + \mathcal{C}$, et dont les dérivées existent et remplissent des conditions de Hölder. Nous supposons que les conditions

$$(1) \qquad u = \varphi^\star \quad \text{sur} \quad \mathfrak{S} + \mathcal{C}, \qquad \Theta u = \varphi \quad \text{sur} \quad \mathfrak{T} + \mathcal{C}$$

s'accordent sur $\mathcal{C}$ (la signification du mot *accord* se voit immédiatement). Notre problème est de *trouver toutes les fonctions* $u$, *continues dans*

---

[1] Séance du 26 décembre 1933.

[2] Des hypothèses plus générales peuvent être traitées de la même façon (*Bull. Soc. math.*, 61, 1933, p. 1 à 54).

[3] *Loc. cit.*

$\mathcal{D}+\mathcal{S}+\mathcal{T}+\mathcal{C}$, *solutions régulières dans* $\mathcal{D}$ *de l'équation*

$$\mathcal{F}u=f, \tag{2}$$

*où f est une fonction donnée, uniformément continue* ([1]), *et qui satisfont sur la frontière de* $\mathcal{D}$ *aux conditions* (1).

Nous prolongeons $\mathcal{S}$, en respectant les conditions de régularité, de façon à former une variété $\mathcal{S}_1$ qui soit la frontière d'un domaine borné $\mathcal{D}_1$ contenant $\mathcal{D}+\mathcal{T}$; nous prolongeons l'opération $\mathcal{F}$ dans tout $\mathcal{D}_1+\mathcal{S}_1$, en respectant les conditions de régularité. Il a été démontré ([2]) que, pour tout point donné de $\mathcal{S}_1$ et pour son voisinage dans $\mathcal{D}_1+\mathcal{S}_1$, on peut trouver des variables $y_1, y_2, \ldots, y_m$ telles que, dans ce voisinage, $\mathcal{S}_1$ coïncide avec $y_m=0$ et $\mathcal{D}_1$ avec $y_m>0$; en outre, si la nouvelle expression de $\mathcal{F}$ est

$$\Sigma_{\alpha,\beta}a'_{\alpha,\beta}\frac{\partial^2 u}{\partial y_\alpha\,\partial y_\beta}+\Sigma_\alpha b'_\alpha\frac{\partial u}{\partial y_\alpha}+c'u,$$

on a, sur $\mathcal{S}_1$, $a'_{m,\alpha}=0$ pour $\alpha\neq m$; les $b'_\alpha$ peuvent cesser d'être continus, mais d'une façon qui n'empêche pas la théorie de s'appliquer. On considère alors la variété close $\mathcal{W}$, définie de la façon suivante : cette variété comprend le domaine $\mathcal{D}_1$ et un domaine $\mathcal{E}_1$ identique à $\mathcal{D}_1$, et où l'opération $\mathcal{F}$ est identique à ce qu'elle est dans $\mathcal{D}_1$; $\mathcal{S}_1$ est regardé comme la frontière commune de $\mathcal{D}_1$ et de $\mathcal{E}_1$; deux points X et X′ correspondants, dont l'un appartient à $\mathcal{D}_1$ et l'autre à $\mathcal{E}_1$, ou qui sont confondus avec un même point de $\mathcal{S}_1$, sont dits *symétriques;* les variables employées au voisinage d'un point de $\mathcal{S}_1$ sont les $y_\alpha$, en convenant que la multiplication de $y_m$ par $-1$ fait passer d'un point à son symétrique. On vérifie que $\mathcal{W}$ est orientable. Pour plus de commodité, on peut définir sur $\mathcal{W}$ un tenseur fondamental, et employer le calcul de Christoffel ([3]). L'ensemble $\mathcal{D}+\mathcal{S}+\mathcal{D}'$ (l'accent sert à distinguer la figure symétrique d'une figure donnée), dont la frontière est $\mathcal{T}+\mathcal{C}+\mathcal{T}'$, remplit les conditions dans lesquelles on sait résoudre le problème de Neumann. Si $F^\star(X,\Xi)$ est la fonction de Green relative à ce domaine et aux opérations $\mathcal{F}u-\chi u$ et $\Theta u-\omega u$ (chacune des fonctions $\psi$, $\omega$, $\chi$ prend toujours les mêmes valeurs en deux points symétriques, et l'on choisit $\chi$ et $\omega$ comme pour le problème de Neumann), on démontre que $F(X,\Xi)=F^\star(X,\Xi)-F^\star(X,\Xi')$ joue le rôle de fonction de Green

---

([1]) Même observation que pour les $b_\alpha$ et pour $c$.

([2]) *Loc. cit*, Chap. IV, § 1, p. 43 et suivantes.

([3]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1338-1340.

pour le problème mixte relatif au domaine $\mathcal{D}$ et aux opérations $\mathcal{F}u - \chi u$ et $\Theta u - \omega u$. Le problème mixte proposé se traduit alors par une équation de Fredholm; la discussion générale en résulte.

La même méthode permet de traiter les problèmes mixtes analogues, relatifs à des domaines bornés situés sur des espaces de Riemann.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une fonction limite liée aux polynomes de Lagrange et aux ensembles fermés.* Note (¹) de M. F. **Leja**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soient E un ensemble fermé et borné des points du plan complexe et

$$(1)\qquad \zeta_0,\ \zeta_1,\ \ldots,\ \zeta_n$$

une suite de $n+1$ points différents quelconques de cet ensemble. Les $n+1$ produits que voici

$$(2)\qquad L_j(z,\zeta) = L_j(z,\zeta_0,\zeta_1,\ldots,\zeta_n) = \frac{z-\zeta_0}{\zeta_j-\zeta_0}\cdots\frac{z-\zeta_{j-1}}{\zeta_j-\zeta_{j-1}}\cdot\frac{z-\zeta_{j+1}}{\zeta_j-\zeta_{j+1}}\cdots\frac{z-\zeta_n}{\zeta_j-\zeta_n},$$

où $j = 0, 1, \ldots, n$ seront dites les *polynomes de Lagrange* appartenant aux points (1).

Fixons la variable $z$ et considérons le plus grand des modules

$$(3)\qquad |L_0(z,\zeta)|,\quad |L_1(z,\zeta)|,\quad \ldots,\quad |L_n(z,\zeta)|.$$

Lorsque les points (1) parcourent arbitrairement l'ensemble E, le plus grand des modules (3) atteint dans E un maximum qui sera désigné comme il suit

$$(4)\qquad L_n(z) = \min_{(\zeta)}\left\{\max_{(j)} |L_j(z,\zeta)|\right\}.$$

Posons

$$(5)\qquad l_n(z) = \sqrt[n]{L_n(z)} \qquad \text{pour } n = 1, 2, \ldots.$$

Il est clair que les fonctions $l_n(z)$ sont non négatives et qu'elles dépendent de l'ensemble E; elles sont définies dans le plan entier pourvu que E contienne une infinité des points différents. On peut démontrer ce que voici :

I. *La suite des fonctions* (5) *tend en chaque point du plan vers une limite*

$$(6)\qquad l_n(z) \to l(z) = l(z, E).$$

(¹) Séance du 26 décembre 1933.

*La fonction limite $l(z, E)$ est ou bien partout finie ou bien partout, en dehors de E, infinie.*

La démonstration de cette proposition peut être appuyée sur le lemme suivant : Quel que soit $n$, les fonctions (4) satisfont aux inégalités

$$L_n(z) \geqq L_k(z).L_{n-k}(z) \qquad (k = 1, 2, \ldots, n-1).$$

2. Considérons les points (1), différents entre eux ou non, et formons, pour $j = 0, 1, \ldots, n$, les $n+1$ produits suivants :

$$\Delta_j(\zeta) = \Delta_j(\zeta_0, \zeta_1, \ldots, \zeta_n) = (\zeta_j - \zeta_0)\ldots(\zeta_j - \zeta_{j-1})(\zeta_j - \zeta_{j+1})\ldots(\zeta_j - \zeta_n).$$

Le plus petit des modules $|\Delta_j(\zeta)|$ varie avec les points (1) et atteint dans E un maximum ; posons

$$\Delta_n = \max_{(\zeta)} \left\{ \min_{(j)} |\Delta_j(\zeta)| \right\}$$

et

$$(7) \qquad \delta_n = \sqrt[n]{\Delta_n} \qquad \text{pour} \quad n = 1, 2, \ldots.$$

On peut prouver que :

II. *La suite des nombres non négatifs (7) tend, quel que soit l'ensemble E (fermé et borné), vers une limite finie*

$$(8) \qquad \delta_n \to \delta = \delta(E) \quad [1].$$

D'autre part, la proposition I peut être complétée comme il suit :

III. *Si la limite $\delta(E)$ est positive, la fonction limite $l(z, E)$ est finie dans le plan entier et, si $\delta(E) = 0$, on a partout, en dehors de l'ensemble E, $l(z, E) = +\infty$.*

Supposons qu'on ait $\delta(E) > 0$. On sait que les polynomes de Lagrange satisfont à l'identité

$$\mathcal{L}_0(z, \zeta) + \mathcal{L}_1(z, \zeta) + \ldots + \mathcal{L}_n(z, \zeta) \equiv 1,$$

donc, quel que soit $z$, on a

$$\max_{(j)} |\mathcal{L}_j(z, \zeta)| \geqq \frac{1}{n+1}.$$

On en peut déduire l'inégalité

$$l(z, E) \geqq 1,$$

---

[1] Cette limite est égale au diamètre transfini de E introduit par M. Fekete (*Math. Z.*, **17**, 1923, p. 228-279). On a $\delta(E) > 0$ si E contient un arc quelconque.

quel que soit $z$; en particulier, on a

$$l(z, \mathrm{E}) = 1, \quad \text{si } z \text{ appartient à E}.$$

3. La fonction $l(z, \mathrm{E})$ possède plusieurs propriétés intéressantes. Désignons par $\mathrm{E}_0$ l'ensemble des points de condensation de E; on peut prouver que, en dehors de l'ensemble $\mathrm{E} - \mathrm{E}_0$, on a l'identité

$$l(z, \mathrm{E}) \equiv l(z, \mathrm{E}_0).$$

D'autre part, soient D un domaine (ou un ensemble) borné quelconque du plan et $\lambda_{\mathrm{D}}$ la valeur minimum de la fonction $1/l(z, \mathrm{E})$ dans D. Considérons une suite des polynomes quelconques

$$(9) \qquad \mathrm{P}_n(z) = a_0^{(n)} + a_1^{(n)} z + \ldots + a_n^{(n)} z^n \qquad (n = 0, 1, \ldots),$$

dont le $n^{\text{ième}}$ est du degré $\leqq n$.

IV. *Si la suite* (9) *est uniformément bornée dans* E *son facteur de convergence dans le domaine* D *est au moins égal à* $\lambda_{\mathrm{D}}$ [*c'est-à-dire la suite* $\{\mathrm{P}_n(z)\lambda\}^n$ *converge uniformément dans* D *pour tous les* $\lambda < \lambda_{\mathrm{D}}$, *où* $\lambda > 0$].

Ajoutons qu'il existe des suites (9) uniformément bornées dans E et telles pour lesquelles le facteur de convergence n'est pas plus grand de $\lambda_{\mathrm{D}}$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une fonction de Minkowski.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Hadamard.

J'ai déjà étudié (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 44) la fonction de Minkowski définie pour $0 \leqq x \leqq 1$ par la condition d'être continue, de vérifier $y(0) = 0$, $y(1) = 1$ et

$$y\left(\frac{p+p'}{q+q'}\right) = \frac{1}{2} y\left(\frac{p}{q}\right) + \frac{1}{2} y\left(\frac{p'}{q'}\right) \qquad (pq' - qp' = 1,\ q \geqq 1,\ q' \geqq 1,\ 1 \leqq p \leqq q).$$

1. Généralement, si $0 < \alpha < 1$, considérons la fonction $\mathrm{F}(x, \alpha)$, continue pour $x$ quelconque, vérifiant $\mathrm{F}(0, \alpha) = 1$, $\mathrm{F}(+\infty, \alpha) = 0$ et

$$\mathrm{F}\left(\frac{p+p'}{q+q'}, \alpha\right) = \alpha \mathrm{F}\left(\frac{p'}{q'}, \alpha\right) + (1-\alpha)\mathrm{F}\left(\frac{p}{q}, \alpha\right) \qquad (pq' - qp' = 1,\ q \geqq 0,\ q' \geqq 1).$$

$\mathrm{F}(x, \alpha)$ *est positif et décroît de* $+\infty$ *à* $0$ *quand* $x$ *croît de* $-\infty$ *à* $+\infty$. La fonction de Minkowski est $2 - 2\mathrm{F}(x, 1/2)$ pour $0 \leqq x \leqq 1$. On a

$$\mathrm{F}(x, \alpha) = \alpha^{a_0} - \alpha^{a_0}(1-\alpha)^{a_1} + \alpha^{a_0+a_2}(1-\alpha)^{a_1} - \alpha^{a_0+a_2}(1-\alpha)^{a_1+a_3} + \ldots,$$

si $x = (a_0, a_1, \ldots, a_n, \ldots)$ (les $a_i$ entiers, $a_0$ quelconque, $a_{i+1} \geqq 1$).

2. Soient $s_n = a_1 + \ldots + a_n$ et $\sigma_n$, $\sigma'_n$ respectivement les sommes des quotients d'indice impair et d'indice pair au plus égaux à $n$. Posons $\sigma_n = \theta_n s_n$, $\sigma'_n = (1-\theta_n)s_n$, et soient $\theta = \underline{\lim}\,\theta_n$, $\theta' = \overline{\lim}\,\theta_n$. Si $0 < \omega < 1$, soient, dans le plan complexe des $\alpha$, la courbe $|\alpha|^{\omega}|1-\alpha|^{1-\omega} = 1$, $\gamma(\omega)$ et $\gamma'(\omega)$ les arcs de cette courbe respectivement à gauche et à droite de $\alpha = 1/2 + i\alpha''$. Les extrémités de $\gamma(\omega)$ et de $\gamma'(\omega)$ sont les deux points $\delta = e^{i\frac{\pi}{3}}$ et $\delta^{-1}$.

*Pour la valeur considérée de $x$, le développement de $F(x, \alpha)$ converge dans la région finie limitée par le contour $\gamma(\theta) + \gamma'(\theta')$.*

3. La fonction $F(x, \alpha)$ jouit de la propriété différentielle que j'ai déjà signalée pour $\alpha = 1/2$, que $\partial F/\partial x = 0$ *sur une épaisseur pleine* (ou : sauf sur un ensemble de mesure nulle). Plus précisément :

*Si les deux nombres dérivés de F pour un même côté sont finis positifs, leur rapport surpasse 1,06, indépendamment de $x$ et de $\alpha$.*

Il n'y a en aucun point de dérivée positive finie.

4. Soit $pq' - qp' = \pm 1$ ($q \geqq 1$, $q'$ quelconque; ou $q = 0$, $q' = 1$). Il existe une suite bien déterminée d'entiers $b_0, b_1, \ldots, b_n, b_{n+1}$ ($b_i \geqq 1$ pour $i = 1, 2, \ldots, n$; $b_0$ et $b_{n+1}$ quelconques), $n$ étant impair si $pq' - qp' = 1$, pair si $pq' - qp' = -1$, de façon que

$$\frac{p}{q} = (b_0, b_1, \ldots, b_n), \qquad \frac{p'}{q'} = (b_0, b_1, \ldots, b_n, b_{n+1}), \qquad \frac{q}{q'} = (b_{n+1}, b_n, \ldots, b_1).$$

*On a des formules*

$$F\left(\frac{px+p'}{qx+q'}, \alpha\right) = A + BF(x, \alpha) \qquad (pq' - qp' = 1),$$
$$F\left(\frac{px+p'}{qx+q'}, \alpha\right) = C + DF(x, 1-\alpha) \qquad (pq' - qp' = -1)$$

*valant chacune pour un intervalle déterminé*, les A, B (ou C, D) restant invariables sur un tel intervalle. Mais, pour $p$, $q$, $p'$, $q'$ donnés, les coefficients ne sont pas les mêmes sur tout l'axe de $x$. *Les points séparateurs des intervalles de validité des formules sont les termes changés de signes de la suite complète des réduites ordinaires ou intermédiaires de*

$$\frac{q'}{q} = (b_{n+1}, b_n, \ldots, b_1, \infty).$$

Ces points forment donc la suite :

$$-(b_{n+1}+r-1), \quad -(b_{n+1}, b_n, \ldots, b_{p+1}, s_p) \quad (s_p = 1, 2, \ldots, b_p;\ p = n, n-1, \ldots, 1),$$
$$-(b_{n+1}, b_n, \ldots, b_1, r) \quad (r \geqq 1).$$

Cette suite n'a que deux points d'accumulation $-\infty$ et $-q'/q$.

5. Il est naturel de rattacher $F(x, \alpha)$ aux valeurs prises sur l'axe réel par une fonction analytique $y(x)$, admettant dans le demi-plan supérieur des $x$ toutes les transformations du groupe défini par $y(x+1) = \alpha y(x)$, $y(x/1+x) = \alpha + (1-\alpha)y(x)$.

Une telle fonction ne peut pas être uniforme (sauf pour $\alpha = \delta$ ou $\delta^{-1}$).

Elle admet les points critiques $i$, $\delta$, doubles pour des substitutions involutives, et leurs transformés par $px+p'/qx+q'$ $(pq'-qp'=1)$. Il faut relier les points critiques par des coupures si l'on veut que les valeurs limites de $y(x)$ puissent être uniques en tout point de l'axe réel.

Considérons la pseudo-ligne brisée $k(\infty)$ de sommets successifs $-n-1+\delta$, $-n+i$ (l'arc $-n-1+\delta$, $-n+i$, $-n+\delta$ étant un pseudo-segment rectiligne), pour $n$ entier non négatif.

Si $pq'-qp'=1$, $0 \leqq q' < q$ ou $q=0$, $q'=1$, soit $k(p/q)$ la transformée de $k(\infty)$ par $px+p'/qx+q'$. *Nous adoptons le système des coupures* $k(p/q)$, [$k(\infty)$ exclu], *indépendamment de* $y(x)$. En outre, du triangle $\tau_0$ de sommets $(\infty, i, \delta)$ retranchons un ensemble $\omega_0$, de façon que sur $\tau_0 - \omega_0$, $y(x)$ soit uniforme et borné. Soit $\Omega$ l'ensemble des transformés de $\omega_0$ par toutes les substitutions modulaires. Nous supposons que le demi-plan diminué de $\Omega$ et de $\Sigma k(p/q)$ reste connexe. $y(x)$ *est uniforme dans ce demi-plan réduit.*

Complétons $k(\infty)$ par le pseudo-segment $(i, \infty)$ où $k'(\infty)$. On a une ligne fermée $k+k'$ enfermant une région $D(\infty)$ au-dessus de $k(\infty)$ et à gauche de $k'(\infty)$. Soient $k'(p/q)$, $D(p/q)$ les transformés de $k'(\infty)$, $D(\infty)$.

*Quand $x$ tend vers le point $\xi$ de l'axe réel, en restant extérieur à tous les* $D(p/q)$, $D(\infty)$, $\Omega$, *la valeur limite de* $y(x)$ *est unique et vaut* $F(\xi, \alpha)$, *indépendamment de la fonction particulière* $y(x)$ *considérée.*

Soit $x = \nu_1(t)$, $t = \lambda_1(x)$ la représentation de $\tau_0$ (décrit par $x$) sur le demi-plan supérieur des $t$, $x = \infty$, $i$, $\delta$ correspondant à $t = 0, 1, \infty$. $\lambda_1(x)$ est lié à la fonction modulaire $\lambda(x)$ par

$$4(\lambda^2-\lambda+1)^3\lambda_1 = 27\lambda^2(\lambda-1)^2.$$

Le système de coupures $k(p/q)$ uniformise $\lambda_1(x)$ sur la surface de Riemann de $\nu_1(t)$. *La forme générale des fonctions* $y(x)$ *possédant les propriétés énoncées est donnée par*

$$x = \nu_1(t), \qquad y = A\int_0^t z^{a-1}(1-z)^{b-1}\,dz + t^a(1-t)^b P(t),$$

A, $a$, $b$ s'exprimant à l'aide de $\alpha$ et $P(t)$ étant une fonction à peu près

arbitraire de $t$ (en réalité la limite inférieure de l'intégrale doit être remplacée par un lacet).

De ce point de vue, la fonction de Minkowski se prête à de nombreuses généralisations.

MÉCANIQUE. — *Sur les phénomènes élastiques héréditaires et le principe du cycle fermé.* Note (¹) de M. **V. A. Kostitzin**, présentée par M. H. Villat.

1. Dans cette Note je veux confronter le principe du cycle fermé de M. V. Volterra avec les résultats de quelques expériences mécaniques très simples publiés par M. M. Pichot (²). Soit $f(t)$ une charge variable sous l'action de laquelle un échantillon prismatique en matériel quelconque éprouve une flexion $\varphi(t)$. D'après Boltzmann (³) et Volterra (⁴) il existe entre ces deux grandeurs deux relations conjuguées

$$\varphi(t)=\mu f(t)+\lambda\int_0^t K(t-u)\ \varphi(u)\,du, \tag{1}$$

$$\varphi(t)=\mu f(t)+\lambda\int_0^t R(\lambda;t-u)f(u)\,du, \tag{2}$$

le paramètre $\mu$ étant le coefficient de proportionnalité de Hooke et $\lambda K(t-u)$, $\lambda R(\lambda;t-u)$ les coefficients d'hérédité. La première question qui se pose est celle du comportement de l'échantillon sous une charge constante H. On a en ce cas :

$$\varphi(t)=\mu H+\lambda\mu H\int_0^t R(\lambda;u)\,du.$$

La limite de cette déformation pour $t\to\infty$ est finie lorsque la fonction $R(\lambda;u)$ vérifie certaines conditions bien connues. Supposons que $R(\lambda;u)$ vérifie ces conditions. Du même coup le matériel examiné doit posséder les propriétés suivantes : 1° une déformation résiduelle permanente est impossible, c'est-à-dire que la déformation en l'absence de charge tend vers zéro; 2° une variation périodique de la charge amène en fin de compte l'établissement d'un régime périodique; donc la courbe

(¹) Séance du 18 décembre 1933.

(²) *Ann. de la Fac. des Sc. de Toulouse*, 3e série, **18**, 1926, p. 41-116.

(³) *Ann. der Phys. und Ch.*, Erg.-Bd, **7**, 1876, p. 624.

(⁴) *Leçons sur les fonctions de lignes.* Paris, Gauthier-Villars, 1913.

d'hystérésis $\varphi = F(f)$ est une courbe fermée; 3° dans le cas de $f = B \sin kt$ cette courbe est une ellipse; 4° la courbe de la première déformation sous la charge $At$ commence par une partie concave vers l'axe des déformations et se continue par une partie de petite courbure.

Certains matériaux, tels que les grès, vérifient très bien ces lois; d'autres, les métaux, l'itacolumite donnent des divergences considérables.

2. L'expérience classique de la charge $f(t) = At$ pour $0 \leqq t \leqq T$ et $f(t) = A(2T - t)$ pour $T \leqq t \leqq 2T$ donne pour les grès deux arcs de la courbe $\varphi = F(f)$ qualitativement en bon accord avec l'équation (2) mais en désaccord numérique complet.

3. M. M. Pichot a fait subir à des échantillons de grès une expérience composée des trois parties suivantes :

1° L'expérience du numéro précédent qui donne les valeurs de déformation correspondant aux moments T et 2T,

$$\varphi(T) = \mu AT + \lambda\mu A \int_0^T R(\lambda; u)(T - u)\,du,$$

$$\varphi(2T) = \lambda\mu A \int_T^{2T} R(\lambda; u)(2T - u)\,du + \lambda\mu A \int_0^T R(\lambda; u)u\,du;$$

2° L'échantillon subit une flexion sous la charge $At$ jusqu'au moment T, après quoi il reste un temps T sous charge constante $At$,

$$f(t) = At \quad (0 \leqq t \leqq T) \qquad \text{et} \qquad f(t) = AT \quad (T \leqq t \leqq 2T);$$

la déformation finale est égale à

$$\varphi(T + T) = \mu AT + \lambda\mu A \int_T^{2T} R(\lambda; u)(2T - u)\,du + \lambda\mu AT \int_0^T R(\lambda; u)\,du;$$

3° L'échantillon subit une flexion sous charge $f(t) = At$, jusqu'au moment T, après quoi il reste un temps indéfini sous charge constante AT; ayant acquis la déformation limite $\varphi(T + \infty)$ sous cette charge, il est soumis à l'action de la charge décroissante jusqu'à zéro pendant un temps T; soit $\varphi(T + \infty + T)$ la déformation finale; on a

$$\varphi(T + \infty) = \mu AT + \lambda\mu AT \int_0^\infty R(\lambda; u)\,du,$$

$$\varphi(T + \infty + T) = \lambda\mu AT \int_T^\infty R(\lambda; u)\,du + \lambda\mu A \int_0^T R(\lambda; u)u\,du.$$

On trouve sans peine deux simples relations entre ces déformations

$$(3)\qquad \varphi(T+T)-\varphi(2T)=\varphi(T),$$

$$(4)\qquad \varphi(T+\infty)-\varphi(T+\infty+T)=\varphi(T).$$

Ces relations se trouvent en contradiction avec les courbes expérimentales de M. Pichot. Au contraire, la relation qui en résulte

$$(5)\qquad \varphi(T+T)-\varphi(2T)=\varphi(T+\infty)-\varphi(T+\infty+T)$$

est en concordance parfaite avec la réalité.

4. Supposons que les coefficients d'hérédité soient des fonctions de deux variables $K(t, u)$, $R(\lambda; t, u)$. Il est assez naturel d'admettre que la fonction $R(\lambda; t, u)$ vérifie deux conditions :

1° $$\lim_{t\to\infty} R(\lambda; t, u)=0$$

et

2° $$\lim_{h\to\infty} R(\lambda; t+h, u+h)=\Psi(\lambda; t-u),$$

la fonction $\Psi$ étant une fonction décroissante telle que l'intégrale

$$\int_0^\infty \Psi(\lambda; u)\,du$$

existe. Dans ces conditions la relation (5) est vérifiée sans que le soient les relations (3) et (4). On peut prévoir que pour T suffisamment grand, ces relations doivent être également vérifiées.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le rôle des peroxydes dans le cognement des moteurs à essence.* Note [1] de **Max Serruys**, présentée par M. E. Jouguet.

A la suite d'une erreur typographique, il y a lieu de corriger comme suit le premier alinéa de la Note du 18 décembre 1933.

En portant à 150° la chemise d'eau d'un moteur à explosion, M. Dumanois et ses collaborateurs ont obtenu la disparition du cognement et attribué ce fait à la destruction, par la chaleur, des peroxydes de MM. Moureu, Dufraisse et Chaux [2]. Nous avons voulu, avec l'aide de M. Tchang Te-

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1592.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 393.

Lou, reprendre cette expérience, mais sous une forme un peu différente, en partant de l'hypothèse de la destruction totale des peroxydes à 300° mentionnée par M. Dumanois.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Au sujet de la combustion dans les moteurs.* Note de M. **P. Dumanois**, présentée par M. E. Jouguet.

Nous avons indiqué précédemment (¹) que, si, pendant le fonctionnement d'un moteur à explosion aspirant l'air à la température ordinaire, on faisait chauffer progressivement la température de la chambre à combustion, la détonation commençait par croître, puis pour une certaine valeur de la température, disparaissait complètement, le moteur continuant à tourner sans choc. Ce phénomène s'explique très simplement par le fait que l'on arrive, dans certaines conditions de température, à franchir suffisamment vite la zone de formation et de décomposition des peroxydes pour que ceux-ci n'aient plus le temps de se produire en quantité suffisante. Si au lieu d'opérer de la façon indiquée on réchauffe l'air d'aspiration à une température suffisante (supérieure à 200°), on constate qu'il est impossible de faire disparaître le bruit et qu'au contraire, les chocs prennent une importance de plus en plus grande. Ce fait, signalé dans une Note récente de M. Serruys (²), avait été également observé indépendamment à la station d'essais de Bellevue.

Il n'y a en l'espèce aucune contradiction avec l'hypothèse émise en ce qui concerne le rôle des peroxydes dans les cas précédents.

Nous avons indiqué dans une Note antérieure (³), en collaboration avec MM. Laffite et Prettre, que les mélanges carburés avec les hydrocarbures produisant la détonation donnaient lieu à deux températures d'inflammation : la première aux environs de 260° à la pression atmosphérique, s'expliquant tout naturellement par la formation de peroxydes, la seconde à une température beaucoup plus élevée et dépassant 650° dans les conditions de l'expérience, quand l'échauffement est suffisamment rapide pour que les peroxydes ne puissent se produire.

Dans ces conditions, il est possible de construire une explication des

(¹) Dumanois, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 393.

(²) Serruys, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1592.

(³) Prettre, Dumanois et Laffite, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 414.

phénomènes qui accompagnent la combustion selon la valeur de la température en fin de compression. Si cette température est suffisamment éloignée de la température correspondant à la décomposition des peroxydes, il ne se produit rien. C'est le cas des moteurs à explosion fonctionnant normalement. Au fur et à mesure que la température s'accroît en même temps que la pression, les conditions de la formation des peroxydes sont réalisées et la détonation se produit du fait de la décomposition de ces peroxydes et de l'abaissement de la température d'allumage qui résulte de leur présence et de celle de leurs produits de décomposition dans la cylindrée.

Si l'on continue à faire croître la température, on dépasse la zone dans laquelle peuvent exister des peroxydes, la détonation disparaît, mais l'augmentation de la température dans la chambre de combustion a généralement pour conséquence l'allumage par point chaud.

Si la température en fin de compression augmente encore pour atteindre et dépasser au point mort la température correspondant à la seconde inflammation, l'allumage se produisant soit par point chaud, soit par suite de l'étincelle électrique avec une certaine avance, une partie de la charge, d'autant plus grande que la température en fin de compression dépasse davantage cette seconde température d'inflammation, s'enflamme spontanément avant d'être atteinte par la propagation normale; il en résulte donc la production d'ondes de pression à l'intérieur de la chambre, qui se traduit par un choc tout à fait analogue à celui produit par la détonation. Le phénomène limite est obtenu quand la température au cours de la compression atteint une température supérieure à la seconde température d'inflammation avant que l'étincelle ou le point chaud ait mis le feu en un point. Dans ce cas, il n'y a plus de vitesse de propagation, toute la charge prend feu simultanément et l'on réalise une combustion presque rigoureusement à volume constant dans des conditions analogues à celles réalisées dans un moteur Diesel à injection pneumatique en cas de fuite d'aiguille.

AVIATION. — *Sur un moulinet à vitesse lente.*
Note de M. **A. Étévé**, présentée par M. E. Jouguet.

1. Un moulinet ordinaire, soumis à un vent parallèle à son axe et de vitesse égale à celle des avions ne peut tourner à un régime lent qu'en donnant aux pales un pas très grand ou une grande longueur.

Lorsque le pas est trop grand, l'angle d'attaque des pales au repos est si

petit que le démarrage devient impossible; de légères variations de la direction du vent ont pour effet de rendre cet angle d'attaque tantôt positif, tantôt négatif, ce qui gêne encore le départ et le fonctionnement du moulinet.

Des pales longues sont lourdes et offrent une grande résistance à l'avancement : elles sont également plus sensibles aux effets de la force centrifuge que des pales courtes.

2. Pour réaliser un moulinet à régime lent ne présentant pas ces inconvénients, nous avons combiné un moulinet ordinaire de petit diamètre, ayant au repos un angle d'attaque permettant le démarrage, avec un moulinet de pas infini de même diamètre. Ce moulinet comprend, par exemple, quatre pales à 90° les unes des autres. Les deux pales actives A, opposées, sont tordues et font avec le plan de rotation un angle $\alpha$ à l'extrémité de la pale. Les deux autres pales B sont planes et perpendiculaires au plan de rotation; elles ont donc un angle d'incidence nul, quand le moulinet est au repos.

Ce moulinet démarre facilement sous l'action du couple dû à la pression du vent agissant sur les pales A dont l'angle d'attaque au repos n'est pas petit.

Lorsque la vitesse du moulinet augmente, l'angle d'incidence des pales A diminue, tandis que l'angle d'incidence des pales B, primitivement nul, devient négatif.

Ces pales deviennent donc résistantes, et il arrive un moment où les couples des pales A et B s'équilibrent aux frottements près sur l'axe de rotation (moulinet fou).

3. Afin de contrôler les avantages de ce dispositif un moulinet, à 4 pales a été essayé, à la petite Soufflerie du Service des Recherches de l'Aéronautique, par M. Rebuffet.

Les caractéristiques de ce moulinet sont les suivantes :

4 pales de $0^m,0785$ de longueur et de $0^m,020$ de largeur placées à 90° les unes des autres.

Angle $\alpha$ de l'extrémité des pales actives avec le plan de rotation : 78°,30, donnant un angle d'attaque au repos de 11°,30. Angle $\alpha$ des pales résistantes : 90°.

Les résultats obtenus sont indiqués ci-après :

Dans un vent de 40 m/s, soit 144 km/h, le moulinet tourne d'une façon très uniforme à 200 tours par minute, soit 3,3 tours par seconde.

A cette vitesse, la résistance à l'avancement est de $100^g$ correspondant à une puissance absorbée de 4 kgm/s.

4. Pour remplacer ce dispositif par un moulinet du type ordinaire, on pourrait choisir soit un moulinet de même diamètre tournant plus vite et muni d'un réducteur de vitesse, soit un grand moulinet tournant à la vitesse voulue.

Le premier moulinet aurait une résistance à l'avancement environ quatre fois plus grande. Le second devrait avoir un diamètre de $0^m,80$ pour tourner à 200 t/m avec l'angle de $78°,30$ permettant un démarrage facile.

5. *Conclusions.* — 1° Lorqu'on a besoin d'obtenir, à bord d'un avion, un mouvement de rotation de faible vitesse, un moulinet donnant directement cette vitesse est plus avantageux qu'un moulinet à vitesse rapide muni d'un réducteur de vitesse.

2° Pour éviter l'emploi de moulinets ayant un diamètre trop grand, on peut combiner un moulinet de petit diamètre avec un autre moulinet de même diamètre ayant un pas beaucoup plus grand.

ASTRONOMIE. — *Sur la répartition des inclinaisons et des excentricités des orbites des petites planètes.* Note (1) de MM. **Paul Bourgeois** et **J. F. Cox**.

Tisserand (2) a attiré l'attention sur la corrélation qui paraît exister entre l'inclinaison et l'excentricité des orbites des petites planètes.

M. Mascart (3) a également étudié ce problème. Nous avons appliqué à cette question les méthodes statistiques modernes (4) et trouvé pour coefficient de corrélation entre ces éléments des 1152 premières petites planètes : $r = 0,19 \pm 0,02$, les rapports de corrélation valant respectivement :

$$\eta_{i\varphi} = 0,28 \pm 0,02, \qquad \eta_{\varphi i} = 0,28 \pm 0,02.$$

M. Fayet a publié récemment (5) des éléments des petites planètes rapportés au plan de l'orbite de Jupiter pour 1925,0. Son catalogue est suivi d'une étude intitulée *Remarques concernant la répartition des nouveaux éléments;* certains des résultats qu'il obtient peuvent être rapprochés de ceux que nous avons publiés (6).

(1) Séance du 26 décembre 1933.

(2) *Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1891, B. 9, 3.

(3) J. Mascart, *Travaux scientifiques*, p. 82 à 84, 92 et 93.

(4) *Bull. Acad. Roy. Belgique. Cl. Sc.*, 16, 1930, p. 1378 à 1381; J. F. Cox, *Recherches sur les petites planètes*, Bruxelles, p. 85, Hayez, 1932.

(5) *Bulletin astronomique*, 2e série, 8, 1, 1933, p. 5 à 50.

(6) *Acad. Roy. Belgique. Mém. Cl. Sc.*, 2e série, 9, 1929, p. 15.

En ce qui concerne l'inclinaison, M. Fayet publie les valeurs moyennes de $\varphi$ correspondant à des valeurs de $i$ appartenant aux intervalles : 0°,0 — 1°,0 ; 1°,0 — 2°,0; etc. Nous nous sommes proposés de recalculer, à l'aide des éléments rapportés à l'orbite de Jupiter, la corrélation $i - \varphi$ pour les 1152 objets sur lesquels avait porté notre première détermination. Une suite de valeurs numériques ne pouvant être remplacée, pour le calcul d'un coefficient de corrélation, par leur valeur moyenne, nous avons dû rétablir le tableau de corrélation entre les deux éléments : inclinaison par rapport à Jupiter et $\varphi$. Le dénombrement montre que la nouvelle courbe de fréquence des $i$ ne diffère pas essentiellement de celle qui avait été trouvée précédemment : du type A de Charlier, elle reste dissymétrique et son irrégularité subsiste.

Nous obtenons pour nouvelle valeur de $r$ : 0,21 ± 0,02. Toutefois ce coefficient de corrélation ne constitue qu'une première approximation. L'utilisation des rapports de corrélation conduit aux valeurs

$$\eta_{i\varphi} = 0,32 \pm 0,02, \qquad \eta_{\varphi i} = 0,34 \pm 0,02$$

et la condition de linéarité de la relation « stochastique »,

$$n(\eta_{i\varphi}^2 - r^2) = 67,10 < 11,37,$$
$$n(\eta_{\varphi i}^2 - r^2) = 82,18 < 11,37$$

n'est pas satisfaite.

Ainsi donc, les valeurs numériques trouvées pour les deux coefficients de corrélation sont sensiblement les mêmes et les rapports de corrélation obtenus au cours du nouveau calcul sont plus grands que ceux que nous avons trouvés [1] lors du calcul de la corrélation à l'aide des éléments classiques sans que cependant cette différence puisse être considérée comme véritablement marquée. La corrélation $i - \varphi$ est en général considérée comme caractéristique de l'état initial de l'anneau des petites planètes; les résultats que nous obtenons tendraient à faire croire que l'orbite de Jupiter n'occupe pas à cet égard une situation nettement privilégiée par rapport à l'anneau.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la mécanique quantique des photons.*
Note de M. **Al. Proca**, présentée par M. L. de Broglie.

Nous avons entrepris l'examen des raisons pour lesquelles les nombreuses tentatives d'établir une mécanique des photons dans l'espace de

(1) *Loc. cit.*

configuration n'ont pas eu le succès attendu; cette analyse nous a conduit au résultat qu'au moins en partie, la cause de cet insuccès réside dans le fait que le calcul de la densité d'énergie dans la théorie de Maxwell ne représente qu'une première approximation, applicable en toute rigueur uniquement aux ondes électromagnétiques planes. On avait déjà mis en doute l'exactitude de la théorie classique de la lumière, mais d'une façon beaucoup plus brutale, en proposant l'abandon des équations de Maxwell. Cela semble inutile; si l'on doit changer quelque chose, il suffira de modifier convenablement l'expression de la densité d'énergie.

Considérons un photon comme une particule de masse et de charge nulles. On peut établir pour ce photon trois traitements quantiques : l'un exact (correspondant à la mécanique de Dirac), l'autre approximatif et un troisième qui n'est pas sans analogie avec la mécanique de Schrödinger sous sa forme relativiste. Occupons-nous d'abord du troisième. A cette approximation la fonction d'onde du photon satisfera à l'équation $\square\psi = 0$. Nous admettrons que le champ électromagnétique constituant la lumière correspondante est donné par les formules

$$(1)\quad e_1 = X\psi,\quad e_2 = Y\psi,\quad e_3 = Z\psi;\quad h_1 = L\psi,\quad h_2 = M\psi,\quad h_3 = N\psi,$$

où X, Y, Z, L, M, N sont les opérateurs (4) de notre précédente Note [1]. Ces opérateurs ont été obtenus en décomposant convenablement le vecteur d'univers $\partial/\partial x$, $\partial/\partial y$, $\partial/\partial z$, $\partial/c\,\partial t$ au moyen des formules

$$(2)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial x} = NY - MZ, \quad \dfrac{\partial}{\partial y} = LZ - NX, \quad \dfrac{\partial}{\partial z} = MX - LY, \\ \dfrac{\partial}{c\,\partial t} = \dfrac{1}{2}(X^2 + Y^2 + Z^2 + L^2 + M^2 + N^2), \\ X^2 + Y^2 + Z^2 = L^2 + M^2 + N^2, \quad XL + YM + ZN = 0. \end{cases}$$

Les composantes (1) du champ électromagnétique ainsi formé :

1° *Satisfont aux équations de Maxwell;*

2° *Se transforment correctement*, si l'on fait l'hypothèse que la condition de normalisation $\int \psi^* \psi\, dV = 1$ reste invariante. Cela détruit cependant l'invariance de l'équation fondamentale $\square\psi = 0$; nous sommes là en présence d'une difficulté que l'ancienne mécanique ondulatoire relativiste avait déjà rencontrée et qui est inévitable tant qu'on se borne à l'approximation de Schrödinger. Elle montre bien pourquoi une théorie du photon à cette approximation ne peut être définitive, pas plus d'ailleurs que la théorie correspondante pour l'électron. Enfin, les composantes (1);

---

[1] *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1725.

3° *Fournissent des valeurs correctes pour l'énergie.* — Un photon de la forme $\psi = ae^{2\pi i/h.(px+qy+rz-h\nu.t)}$ aura l'énergie $h\nu$, qu'on la calcule à partir de $\psi$ par la mécanique ondulatoire *ou à partir de* **e**, **h** (convenablement normalisés) *par la théorie électromagnétique*; de même, un photon ayant comme fonction d'onde $\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2 + \ldots$ aura une énergie égale à

$$|c_1|^2.h\nu_1 + |c_2|^2.h\nu_2 + \ldots.$$

Pour une onde plane, non seulement les énergies, mais aussi leurs *densités*, calculées de ces deux façons, coïncident. Cela n'est cependant plus vrai pour une superposition d'ondes planes. Nous touchons ici la difficulté essentielle qui empêche la synthèse de l'électromagnétisme et des quanta et nous sommes ainsi amenés à proposer une modification de la formule qui donne la densité classique d'énergie (et de quantité de mouvement). Cette densité ne devrait plus être calculée par la formule classique $1/8\pi.(\mathbf{e}^2 + \mathbf{h}^2)$, mais par la formule quantique $\psi^* H \psi$, applicable à tous les cas. Il semble que la formule classique ne soit vraie qu'en première approximation, à savoir, uniquement pour une onde plane, ou *pour un faisceau infinitésimal d'ondes planes*, de directions et de fréquences infiniment voisines. En tout cas, les expériences connues ne l'ont vérifiée que pour ce cas; des essais plus complets ne nous paraissent pas sortir du cadre de nos possibilités expérimentales actuelles ([1]).

L'approximation de Schrödinger présente naturellement tous les défauts de l'ancienne mécanique ondulatoire relativiste et comme telle n'est pas propre à fournir une théorie de la lumière correcte en tous points. Son étude est cependant nécessaire pour l'introduction de l'hypothèse que nous avons mentionnée, concernant l'expression de la densité d'énergie. Ajoutons encore que les champs (1) sont linéairement polarisés, mais dans une direction définie par un angle $\alpha$ qui reste arbitraire. Lorsqu'on décrit donc un photon à l'approximation de Schrödinger, on ne fixe pas sa polarisation. Ceci constitue encore un défaut de cette approximation, disparaissant d'ailleurs, comme les autres, à l'approximation de Dirac.

---

([1]) Récemment, l'exactitude de la formule classique donnant la densité d'énergie a été mise en doute par M. Born (*Nature*, **132**, 1933, p. 282 et 970), qui cependant rejette les équations de Maxwell, et par M. L. de Broglie (*Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1377), qui garde ces équations, mais suppose soit l'existence d'une masse au repos finie du photon, soit celle d'un terme d'interaction dans l'équation fondamentale.

CHALEUR. — *Mesure de la conductibilité thermique et de la chaleur spécifique des isolants*. Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Cotton.

De ces deux propriétés fondamentales, la seconde (d'une détermination si aisée quand il s'agit de conducteurs) devient difficile, elle aussi, à cause de la non-uniformité de température de l'isolant : l'équilibre thermique est très long à s'établir dans le calorimètre, les fuites sont très notables, et leur calcul, qu'il faudrait très précis, devient compliqué et révèle des propriétés assez paradoxales (l'isolant ayant été initialement à la température ambiante, et le calorimètre étant plus froid, le réchauffement, sous l'effet des fuites, doit se calculer, en première approximation, comme si la capacité calorifique de l'isolant se retranchait de celle du calorimètre).

Aussi déterminons-nous simultanément conductibilité et chaleur spécifique, et cela, en provoquant dans l'isolant un phénomène thermique : on introduit un corps chaud au centre de l'isolant, dont la périphérie reste pratiquement à température constante; la propagation de la chaleur fait intervenir, dans la constante de temps du phénomène, le rapport de la capacité calorifique volumique $c\rho$ à la conductibilité $k$, et, d'autre part, à un instant donné, le corps chaud aura été, toutes choses égales, d'autant plus refroidi, que la capacité calorifique de l'isolant aura été plus considérable devant celle du corps chaud; l'expérience doit donc donner $c\rho$ et $k$; et pour n'avoir rien à mesurer dans l'isolant, on prend pour corps chaud le réservoir d'un thermomètre à mercure, qui indique à chaque instant sa température moyenne et la chaleur cédée à l'isolant. D'où le nom de *méthode du thermomètre-calorimètre*. On donne à l'isolant la forme d'un bâton bien cylindrique de quelques centimètres de longueur, entrant à frottement gras dans un bloc métallique de grand diamètre. Il est foré suivant un canal axial qui reçoit le thermomètre.

Pour que le phénomène de propagation soit bien déterminé, on met à profit cette circonstance, que le verre et le mercure ont sensiblement même capacité calorifique volumique, de sorte qu'une tige de verre, chauffée à la même température que le réservoir, et de même diamètre, se refroidira, dans un autre bâton de l'isolant, exactement comme le mercure, la conduc-

[1] Séance du 26 décembre 1933.

tance transversale de la tige étant bien suffisante pour que la section droite soit isotherme, la conductance longitudinale étant, au contraire, négligeable. On peut ainsi réaliser une propagation rigoureusement cylindrique.

On juxtaposera donc trois bâtons isolants identiques, bien centrés, logés chacun dans une enceinte métallique. Un four électrique (en verre pour que sa température soit bien uniforme) porte à la température $V_0$ désirée le thermomètre tout entier, cependant qu'un autre four, alimenté par le même courant, porte à la même température une tige de verre de même diamètre. La température voulue étant atteinte, on enfonce brusquement, au temps $t=0$, la tige d'un côté, et le thermomètre — dont le réservoir prend place dans le bâton du milieu — de l'autre, et, au bout de 1 à 2 minutes, on observe le thermomètre pendant quelques minutes.

En appliquant l'analyse de Fourier *à l'ensemble mercure + isolant*, on peut calculer, par les fonctions de Bessel, les amplitudes et les constantes de temps relatives à la série d'exponentielles qui représente la température V du mercure. R′ et R étant les rayons intérieur et extérieur du bâton, on trace, pour quelques valeurs du rapport $\beta = R : R'$, et pour chacune de ces valeurs, pour différentes valeurs simples, de $c\rho$, équidistantes des graphiques donnant, en ordonnées, $\log_{10} V/V_0$, et en abscisses, le logarithme décimal $\varphi$ de l'exposant $ku_0^2 t : c\rho R^2$ de l'exponentielle fondamentale ($u_0$ est la première racine d'une équation transcendante du problème, connue en fonction de $\beta$ et de $c\rho$).

On construit, après l'expérience, à la même échelle, le graphique donnant les valeurs expérimentales de $\log V/V_0$ en fonction de $\log t$. En cherchant à le situer parmi les graphiques-types numérotés $c\rho$, on détermine $c\rho$, et la translation qu'il a fallu faire subir au graphique est égale à $\log ku_0^2 : c\rho R^2$, d'où l'on tire $k$.

Le calcul montre que si $\beta c\rho$ est assez grand, la résistance de passage existant entre le réservoir et l'isolant n'intervient pour ainsi dire pas.

Les calculs présents supposent que l'on a pris pour zéro des températures, la température que prend l'enceinte au bout des quelques minutes qui sont nécessaires à l'établissement du régime « pénultième », mais avant qu'elle n'ait repris la température ambiante.

Nous avons appliqué la méthode à une ébonite qui a donné les résultats attendus, à des échantillons de bois et de matériaux de construction, qui ont donné des chiffres vraisemblables.

Nous voudrions enfin attirer l'attention sur un problème curieux que nous avons rencontré. Si, pour simplifier, on négligeait la très faible résis-

tance thermique du mercure, pour ne voir en lui qu'une capacité calorifique isotherme, on écrirait, à la surface de séparation mercure-isolant, que la chaleur pénétrant dans l'isolant provient du refroidissement du mercure, ce qui s'exprimerait par une proportionnalité du gradient de température, au taux de variation de la température dans le temps. *Le problème ainsi posé ne peut être résolu par la méthode de Fourier.*

Un problème admettant de telles conditions aux limites s'intégrera donc par la méthode de Fourier, en douant la capacité calorifique, d'une conductibilité finie, que l'on fait ensuite tendre vers l'infini avec certaines précautions.

Nous l'avons aussi intégré directement en remarquant que, sur la périphérie, à l'instant initial, toutes les dérivées de la température par rapport au temps sont nulles, d'après l'équation même de la chaleur, l'isolant étant initialement isotherme. Il en résulte, pour les amplitudes des diverses exponentielles, un système d'équations linéaires se résolvant par un déterminant de van der Monde. Les résultats numériques obtenus par les deux méthodes coïncident.

ÉLECTRICITÉ. — *Matérialisation de l'éther.* Note de M. **V. Posejpal**, présentée par M. A. Cotton.

L'éther, d'après mon hypothèse (*Journ. de Phys.*, 3. 1932, p. 390), est composé d'atomes sans masse inerte de nombre atomique zéro dont le noyau est formé par un proton et un électron. La découverte récente du positron conduisant à admettre l'existence possible de corpuscules analogues au proton et à l'électron mais de charges de signes opposés, il s'ensuit que les atomes de l'éther peuvent, en principe, être formés par l'association de deux quelconques de ces corpuscules, l'un positif, l'autre négatif.

Nous pouvons toujours admettre que l'éther s'est formé à partir des corpuscules libres avec production de photons. Inversement ces photons peuvent amener la séparation des corpuscules dans les atomes éthériens, de sorte que l'éther serait le siège d'un jeu incessant de disparition de masse inerte en faveur des photons; et vice versa de disparition de photons avec formation de masse inerte par la matérialisation de l'éther. Dès les premières considérations sur l'éther mon attention était dirigée vers la vérification expérimentale de ce phénomène. Les lois de la conservation de l'énergie, de l'électricité et de la quantité de mouvement font prévoir que le proton et l'électron, en repos,

en s'associant dans le vide à l'atome éthérien produisent deux photons de quanta $h\nu = 1/2\, m_{\rm H} c^2$ et de directions nettement opposées. Le processus inverse, de même dans le vide, aurait lieu au moment où deux photons de grandeurs et de directions analogues se rencontreraient. En absence du champ électrique extérieur les deux corpuscules ainsi séparés se réuniraient aussitôt de nouveau si l'énergie $h\nu$ des photons en collision était égale ou même un peu inférieure à $1/2 m_{\rm H} c^2$, ce qui doit être le cas le plus général. Mais dans un champ suffisamment intense la séparation peut devenir complète.

J'ai mis alors dans un grand tube à vide une électrode cylindrique de $9^{\rm cm}$ de longueur et $1^{\rm cm},97$ de diamètre intérieur et j'ai placé dans son axe un fil fin de tungstène long de $6^{\rm cm}$ formant l'autre électrode. Sous un vide très poussé j'ai laissé fonctionner l'appareil pendant plusieurs heures comme un tube à rayons X à cathode chaude pour débarrasser l'électrode cylindrique des gaz. Puis j'ai remplacé le fil de tungstène par un fil fin de palladium, rétabli le vide et chauffé ensuite le fil au rouge clair pendant plusieurs minutes. Avec l'appareil ainsi constitué nous avons fait de nombreuses expériences préalables comprenant en général : mesure de la résistance du fil de palladium; mise du tube à vide sous une haute tension pendant quelque temps, le fil de palladium étant cathode; mesure nouvelle de la résistance du fil 5 minutes après l'enlèvement de la haute tension; chauffage au rouge clair du fil pendant 12 minutes et mesure nouvelle de sa résistance 5 minutes après l'interruption de la chauffe. Avec un fil de diamètre $2r = 0^{\rm mm},020$ et par l'application de tensions d'ordre de 100 kilovolts nous avons toujours constaté une augmentation nette de quelques pour-cent de la résistance du fil après la charge et le rétablissement de la résistance primitive après le chauffage.

Dans les expériences définitives nous avons supprimé la chauffe du fil; les charges, de 10 minutes chacune, se succédaient immédiatement les unes aux autres, ce qui nous permettait de parcourir dans une seule série de mesures une succession donnée de hautes tensions. Le rétablissement de la résistance primitive du fil se faisait automatiquement pendant son repos dans le vide. Le vide était maintenu toujours tel que le tube tout entier, ainsi que les électrodes, ne laissaient voir la moindre trace de lumière. Nous avons obtenu par exemple pour la tension de 130 kV et pour trois fils différents, dont la résistance primitive est toujours prise comme unité, les résistances moyennes : 1,075 ($2r = 0^{\rm mm},015$), 1,071 ($0^{\rm mm},020$), 1,017 ($0^{\rm mm},096$). Pour 100 kV ces résistances étaient respectivement 1,020;

1,038; 1,008. Pour 150 kV et le fil $2r = 0^{mm},096$ la résistance était 1,024, etc.

Il est bien connu que la cathode de palladium absorbe largement le cation d'hydrogène, ce qui augmente considérablement sa résistance électrique; cette augmentation étant très rapide tant que la teneur en hydrogène est faible. Nous pouvons donc sans hésitation attribuer les accroissements de résistance observés dans nos expériences aux ions d'hydrogène ou protons absorbés par le fil de palladium. Si ces protons étaient libérés soit dans les résidus gazeux du tube à vide, soit dans le métal de l'anode par l'impact des électrons provenant, par exemple, de la décharge autoélectronique, ils arriveraient au fil de palladium avec de si grandes énergies cinétiques qu'ils y produiraient nécessairement de petites étincelles. Mais le fil restant pendant l'expérience parfaitement sombre, il s'ensuit que ces protons doivent avoir leur origine au voisinage immédiat de sa surface, c'est-à-dire dans cette partie du tube vide où le champ électrique est le plus fort. Si, au contraire, le fil est anode et le cylindre cathode, les protons en question en parcourant maintenant toute la différence de potentiel employée pourraient libérer dans le cylindre de nombreux électrons qui produiraient de leur part sur le fil des échauffements considérables. C'est précisément ce que nous avons constaté. Le changement des pôles produit toujours une rupture presque immédiate du fil de palladium, accompagnée d'étincelles, et cela même sous la plus basse des tensions employées dans nos expériences. Il n'est donc pas douteux que nous avons ici affaire avec les protons libérés dans l'éther libre, et l'on voit quel rôle important doit jouer le phénomène ainsi découvert dans la décharge dite autoélectronique.

Les photons peuvent aussi décomposer les atomes éthériens de la manière que j'ai prise en considération pour la première fois en 1932 (*Comptes rendus*, 195, p. 36) en l'appliquant avec succès au développement d'une formule générale pour le calcul des sauts d'absorption. Je donnerai ultérieurement l'analyse détaillée de cette question.

*Remarques sur la Note précédente de M.* V. POSEJPAL, par M. **A. COTTON**.

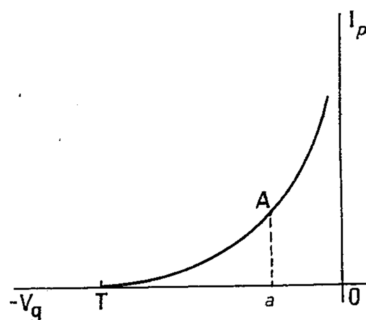
Les hypothèses de M. Posejpal sur l'éther ont, en tout état de cause, le mérite de l'avoir conduit à des expériences fort intéressantes. L'accroissement de résistance qu'il constate systématiquement sur le fil de palladium

de son tube à vide, lorsque ce fil a servi de cathode, est particulièrement net. Le fait que cet accroissement est proportionnellement plus marqué pour des fils de faible diamètre vient à l'appui de l'opinion émise par l'auteur, que ce changement est dû à de l'hydrogène absorbé.

Cet hydrogène est-il formé dans le tube, comme M. Posejpal le croit, ou bien existait-il, sous quelque forme, dans le tube? Bien que M. Posejpal ait fait le vide avec grand soin (notamment pendant qu'il chauffait le fil de palladium) on peut encore, je pense, se demander par exemple s'il ne restait pas dans le tube de petites quantités de vapeur d'eau : on sait combien il est difficile d'éliminer complètement cette vapeur des tubes de Crookes. Il me paraît donc prudent d'attendre, avant de conclure sur ce point, le complément que M. Posejpal annonce à sa Note.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Sur un nouveau voltmètre amplificateur.* Note (¹) de MM. **Maurice Robert** et **René Ozoux**, présentée par M. Paul Janet.

Les voltmètres amplificateurs décrits jusqu'ici, qui utilisent les phénomènes de détection par courbures de caractéristiques, donnent des indications se rapprochant plutôt de la valeur moyenne que de la valeur efficace. Après divers essais il nous a été possible de trouver une lampe à écran (Philips-Selectode, E445) qui pour un rapport convenable des tensions




appliquées à la plaque et à l'écran présentait une courbe parabolique du courant plaque $I_p$ en fonction des tensions grille $V_g$.

Cette courbe a l'allure de la figure. L'ordonnée $a$A d'un point quel-

(¹) Séance du 18 décembre 1933.

conque est donnée par l'égalité

$$a\mathrm{A} = k'\overline{\mathrm{T}a}^2.$$

Si nous plaçons, en série avec les différences de potentiel alternatives instantanées $u_g$ appliquées à la grille, une différence de potentiel continue négative précisément égale à OT, le point de fonctionnement A aura à chaque instant pour abscisse :

$$\mathrm{O}a = \mathrm{V}_g = u_g - \mathrm{OT} \qquad \text{d'où} \qquad \mathrm{T}a = u_g.$$

Le courant de plaque sera pendant la demi-période positive

$$\mathrm{I}_p = a\mathrm{A} = k'\overline{\mathrm{T}a}^2 = k'\overline{u}_g^2.$$

Il sera nul pendant l'autre demi-période.

Un milliampèremètre à cadre mobile placé dans le circuit plaque donnera des indications $\alpha$ proportionnelles aux valeurs moyennes du courant qui le traverse

$$\alpha = \frac{k''}{\mathrm{T}}\int_0^{\mathrm{T}} \mathrm{I}_p\,dt,$$

c'est-à-dire

(1) $$\alpha = \frac{k''}{2\mathrm{T}}\int_0^{\mathrm{T}} k'\overline{u}_g^2\,dt = k\frac{1}{\mathrm{T}}\int_0^{\mathrm{T}} \overline{u}_g^2\,dt;$$

en posant :

$$k = \frac{k'k''}{2},$$

U étant la valeur efficace de $u_g$ par définition $\mathrm{U} = \sqrt{\frac{1}{\mathrm{T}}\int_0^{\mathrm{T}} \overline{u}_g^2\,dt}$.

En se reportant à l'égalité (1)

$$\alpha = k\mathrm{U}^2.$$

Les indications du milliampèremètre seront proportionnelles aux carrés des valeurs efficaces des différences de potentiel appliquées à la grille, quelles qu'en soient la forme et la fréquence.

A l'aide de ce procédé, il a été réalisé un appareil à lecture directe, fonctionnant entièrement sur le secteur, donnant la valeur efficace et dont l'étalonnage est indépendant de la fréquence. Cet appareil a été construit de la manière suivante :

Une première lampe amplificatrice à écran réalise une amplification effective de 600. Immédiatement après se trouve la sélectode.

Un dernier étage d'amplification à courant continu permet d'utiliser comme appareil de mesure un milliampèremètre robuste. Cet appareil n'est plus dans le cir-

cuit plaque de la sélectode, mais dans celui de la dernière lampe. Un dispositif dit à contre-batterie élimine le courant de plaque permanent de cette lampe.

L'alimentation de l'ensemble a été résolue comme suit :

Les deux premières lampes, qui sont les plus sensibles, sont à chauffage indirect.

La tension plaque est fournie par une valve biplaque.

La contre-batterie par un redresseur oxymétal.

Les variations lentes de tension du secteur sont compensées par une lampe fer-hydrogène, les variations brusques par une action sur l'écran de la première lampe.

L'appareil ainsi réalisé donne la totalité de la déviation pour 2/100$^e$ de volt.

Il peut fonctionner pour des tensions du secteur variant de 90 à 130 volts.

Une variation brusque de tension du secteur de 1 volt ne donne sur l'appareil de mesure qu'une déviation supplémentaire correspondant à 1/1000$^e$ de volt appliqué à l'entrée.

Consommation de l'appareil : 1 microampère pour la totalité de la graduation.

ÉLECTRICITÉ. — *Remarques sur la Note de M. Anastasiadès intitulée : Sur le mécanisme de la rectification dans les redresseurs sulfure cuivrique-magnésium.* Note (1) de M. **J. Cayrel**, présentée par M. Paul Janet.

Dans une récente Note (2) M. Anastasiadès a montré la formation de $Cu^2S$ dans le redresseur Mg/CuS et il a émis des hypothèses sur les rôles respectifs de CuS et de $Cu^2S$ dans les phénomènes de redressement.

Malgré les très intéressantes expériences de l'auteur de cette Note je rappelle que le problème de la participation du mono et du bisulfure à la rectification reste entier, car j'ai montré dans un travail antérieur (3) :

1° Que les échantillons de $Cu^2S$ bons conducteurs et doués de rectification perdent à la fois leur conductibilité métallique et leur pouvoir rectifiant lorsqu'on les prive de l'impureté CuS;

2° Que les échantillons de $Cu^2S$ mauvais conducteurs et non rectifiants deviennent bons conducteurs et bons redresseurs si on les fait bouillir dans du soufre ou si on les soumet à l'action de $NO^3H$ (ce qui provoque une transformation partielle du monosulfure en bisulfure).

(1) Séance du 26 décembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1397.

(3) *Onde Électrique*. 10, 1931, p. 72.

3° Que les phénomènes de rectification normale (sens sulfure-métal) de $Cu^2S$ impur existent à un degré au moins égal chez $CuS$ pur;

4° Que la conductibilité asymétrique anormale (passage facile dans le sens métal-sulfure) dans le cas des faibles tensions, observée en régime permanent, est d'autant plus marquée chez le mélange $CuS + Cu^2S$ que la proportion de $Cu^2S$ est plus grande.

Ces diverses constatations m'avaient amené à conclure par une hypothèse très différente de celle formulée par M. Anastasiadès, à savoir :

*Le rôle principal dans les redresseurs à sulfures de cuivre appartiendrait à* $CuS$, *alors que les phénomènes secondaires (unipolarité inverse des faibles tensions) seraient favorisés par* $Cu^2S$.

On peut remarquer d'ailleurs, qu'en dehors de cette importante divergence dans les hypothèses, mes résultats expérimentaux n'ont rien d'incompatible avec ceux obtenus par M. Anastasiadès sur le triple contact $Cu/Cu^2S/CuS/Cu$ en raison des conditions très différentes dans lesquelles étaient réalisés les essais : couches de $CuS$ et de $Cu^2S$ superposées, électrodes d'égales surfaces dans le cas des expériences de M. Anastasiadès; mélange de ces deux sulfures, électrodes de surfaces très inégales dans le cas de nos propres expériences.

*Observation de M.* **Paul Janet** *à propos de la Note précédente.*

MM. Anastasiadès et Cayrel semblent sensiblement d'accord au point de vue des résultats expérimentaux. Ils diffèrent dans les hypothèses faites sur le rôle respectif de $CuS$ et de $Cu^2S$ dans les phénomènes de redressement. Il est à souhaiter que de nouvelles recherches permettent d'élucider cette question.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de dérivés monohalogénés des carbures saturés aliphatiques.* Note de M. **Jean Lecomte**, présentée par M. A. Cotton.

Avec notre spectrographe enregistreur pour l'infrarouge [1], nous avons relevé, entre les fréquences de 490 à 1450 $cm^{-1}$ environ (en longueur d'onde : $20^{\mu},4$ à $6^{\mu},9$), les spectres d'absorption d'une vingtaine de dérivés

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1011.

monohalogénés des carbures saturés aliphatiques, à l'état liquide, possédant de 2 à 7 atomes de carbone. Parmi les corps que nous avons examinés, seuls, à notre connaissance, les bromure et iodure d'éthyle ont été étudiés antérieurement par Coblentz (1) ou par Cross et Daniels (2), mais seulement pour des fréquences supérieures à 665 $cm^{-1}$.

I. Nous avons trouvé, pour chacun de ces dérivés halogénés, en moyenne une dizaine de bandes d'absorption qui apparaissent nettement marquées avec des épaisseurs de liquide de $0^{mm},05$. Les spectres des homologues à chaîne droite, se rapportant au même halogène, par exemple, les bromures d'éthyle, de propyle n., de butyle n., ..., d'heptyle n., se présentent, en dehors de certaines analogies que nous indiquerons ci-après, comme nettement différents. On constate des modifications très profondes dans le spectre, quand on compare des isomères comme les chlorures de butyle n., d'isobutyle et de butyle tertiaire par exemple. Il semble donc que notre domaine spectral est utilisable dans un but analytique.

II. On constate, dans l'ensemble, une excellente concordance entre les positions des maxima que nous avons mesurées et celles que permet de prévoir l'effet Raman. Nous en donnons un exemple dans le tableau suivant, où les nombres relatifs à l'effet Raman sont empruntés à la monographie de Kohlrausch, et où chaque colonne groupe des maxima de même nature. (Les fréquences sont indiquées en $cm^{-1}$.)

| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. | 12. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chlorure de propyle : | | | | | | | | | | | | |
| Infrarouge.. | 648 | 728 | – | 785 | 852 | 890 | 954 | 1027 | 1085 | 1265 | – | 1428 |
| Effet Raman. | 651 | 725 | – | 789 | 850 | 892 | – | 1028 | 1105 | 1289 | 1339 | 1446 |
| Bromure de propyle : | | | | | | | | | | | | |
| Infrarouge.. | 563 | 645 | 736 | 771 | 836 | 889 | 961 | 1024 | 1080 | 1240 | – | 1428 |
| Effet Raman. | 565 | 648 | – | 777 | 840 | 892 | – | 1028 | – | – | – | 1434 |
| Iodure de propyle : | | | | | | | | | | | | |
| Infrarouge.. | 507 | 593 | 719 | 756 | 813 | 880 | 954 | 1004 | 1063 | 1176 | 1257 | 1428 |
| Effet Raman. | 503 | 590 | – | 760 | 817 | 877 | – | 1017 | – | 1184 | 1272 | 1427 |

En général, les déterminations directes permettent de trouver plus de bandes que les spectres de diffusion n'en indiquent, probablement parce

(1) *Public. Carnegie Inst.*, n° 35, 1905.
(2) *Journ. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 48.

que les raies Raman qui représentent les harmoniques des vibrations fondamentales ou des fréquences de combinaison sont souvent trop faibles pour pouvoir être observées.

III. En examinant les nombres contenus dans chacune des colonnes du tableau précédent, on observe qu'à mesure que le poids atomique de l'halogène augmente, les maxima se déplacent vers de plus faibles fréquences, mais, d'une manière variable avec la colonne considérée. L'influence de l'halogène est la plus forte dans les colonnes 1, 2 et 10 : celles-ci se rapportent à des maxima très intenses qui représentent des vibrations fondamentales caractérisant la présence de l'halogène. Le spectre Raman du propane (en l'absence de son spectre infrarouge) contient les fréquences de 870, 940 et 1050 $cm^{-1}$, les colonnes 6, 7 et 9 se rapportent dès lors à la chaîne carbonée. Les colonnes 3, 4 et 8 contiennent des maxima propres à la présence de l'halogène.

La même méthode d'analyse s'applique aux spectres infrarouges des autres dérivés monohalogénés. Elle nous a permis d'abord de trouver, *pour des composés à chaîne droite*, d'une part, deux vibrations fondamentales qui se placent près de 650 et 725 $cm^{-1}$ avec Cl, près de 560 et 645 $cm^{-1}$ avec Br, près de 505 et 590 $cm^{-1}$ avec I et dont les positions, à partir du terme en $C^3$, sont presque indépendantes du nombre des atomes de carbone contenus dans la molécule. Elle indique, d'autre part, un autre maximum, qui représenterait une vibration X — H, et dont la position varie, suivant la longueur de la chaîne carbonée, entre 1286 et 1265 $cm^{-1}$ (Cl), 1250 et 1235 $cm^{-1}$ (Br), 1200 et 1175 $cm^{-1}$ (I). Voici, d'autre part, quelques-unes des fréquences fondamentales (en $cm^{-1}$) caractéristiques de la présence de l'halogène, que nous avons trouvées *pour des dérivés à chaîne ramifiée :*

| | Cl. | | | Br. | | | I. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Isopropyle....... | 618 | – | 1240 | 539 | – | 1201 | 492 | – | 1176 |
| Isobutyle........ | 685 | 731 | 1260 | 620 | 650 | 1231 | 581 | 600 | 1168 |
| Isoamyle........ | 658 | 724 | 1288 | 567 | 646 | 1212 | 512 | 597 | 1172 |

Ces conclusions sont, dans l'ensemble, en bon accord avec celles qui se déduisent des spectres de diffusion. Nous nous sommes assuré, par des déterminations personnelles, que les maxima que nous attribuons aux halogènes ne se retrouvent pas dans les spectres d'absorption infrarouges des composés présentant la même chaîne carbonée, mais dans lesquels l'halogène a fait place à une autre fonction chimique.

SPECTROSCOPIE. — *Sur une méthode de production du spectre de l'azote atomique* (NI). Note [1] de M. **D. Séférian**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le spectre d'arc de l'azote (atome neutre NI) n'a été réalisé que dans ces dernières années. O. S. Duffendack et Wolfe [2], puis O. E. Anderson et K. More [3] l'ont obtenu dans les arcs à bas voltage, dans des mélanges d'azote avec l'hélium, le néon, l'argon sous faibles pressions.

Nous avons mis au point une méthode de production du spectre de l'atome neutre d'azote par excitation de ce gaz dans un arc jaillissant entre deux électrodes de tungstène. Le dispositif comporte deux fils de tungstène de $3^{mm}$ de diamètre placés parallèlement et distants de 2 à $3^{mm}$; le jet d'azote arrive autour des électrodes. Le gaz est excité par l'arc à courant alternatif de 110 volts avec intensités variables (20 à 50 ampères). On obtient ainsi une flamme brillante légèrement bleuâtre. La destruction du tungstène est rapide, de l'ordre de 1 gr/min, cette destruction est due à la volatilisation du métal et aussi probablement à la formation d'un nitrure de tungstène.

Des observations spectroscopiques ont été faites dans les diverses régions de cette flamme, en modifiant l'intensité du courant et le débit d'azote. Les résultats obtenus peuvent se résumer comme suit :

1° Les raies d'arc du tungstène apparaissent dans toutes les régions de la flamme. Dans les régions éloignées des électrodes, régions peu éclairantes de la flamme, seules les raies les plus intenses du tungstène persistent, principalement :

$\lambda$ 5224,6; 5053,3; 5006,1; 4843,8; 4680,5; 4302,1; 4294,6; 4008,7 Å.

Il n'a pas été possible d'observer dans ces régions les spectres de bandes de l'azote (indiquant une émission moléculaire, comme on aurait pu s'y attendre).

2° Entre les deux électrodes de tungstène, et au niveau de leur sommet, on a pu mettre en évidence 4 groupes de raies, qui après identification

---

(1) Séance du 26 décembre 1933.
(2) *Phys. Rev.* 34, 1929, p. 409.
(3) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 1684.

ont été reconnus comme étant les raies de l'*azote atomique neutre*. Ce spectre apparaît lors d'une excitation intense (46 à 50 ampères) et d'un fort débit d'azote (800 à 1000 l/h). Le tableau suivant résume nos résultats :

3° Les électrodes émettent un spectre continu d'incandescence. De plus, en dehors des électrodes, mais dans leur voisinage, jusqu'à 4 à 5mm, on observe un second spectre continu de nature différente, qui se prolonge vers le violet, bien au delà du spectre continu d'incandescence, en conservant une intensité sensiblement constante malgré la grande dispersion du spectre pour cette région. Ce deuxième spectre continu peut être attribué à l'atome du tungstène (Procopiu, *Annales de Phys.*, I, 1924, p. 89), ou à l'atome de l'azote, comme cela se produit pour le spectre continu de l'hydrogène atomique (Chalonge, *Thèse*, 1933).

| | | Duffendack et Wolfe. | |
|---|---|---|---|
| | λ. | λ. | *i.* |
| 1er Groupe | 6484,2 | 6484,88 | 9 |
| | 6491,3 | 6491,28 | 3 |
| | 6499,5 | 6499,52 | 3 |
| | 6506,9 | 6506,45 | 0 |
| 2e Raie | 6609,9 | 6610,30 | |
| 3e Groupe | 6646,6 | 6644,96 | 9 |
| | – | 6646,52 | 2 |
| | 6656,8 | 6653,41 | 5 |
| 4e Groupe | 6726,6 | 6723,12 | 9 |
| | 6535,5 | 6733,48 | 6 |
| | – | 6741,29 | 3 |

En résumé, le spectre de l'azote atomique (atome neutre NI) a été observé par excitation de l'azote pur entre deux électrodes de tungstène, dans une région bien délimitée, située entre les électrodes et au niveau de leur sommet, avec une intensité de 46 à 50 ampères et un débit d'azote de l'ordre de 800 à 1000 litres/heure. De plus, deux spectres continus de nature différente ont pu être observés, le premier dû sûrement, à l'incandescence des électrodes, l'autre à un rayonnement de l'atome d'azote ou du métal.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur la photoluminescence de la soude et de la potasse.* Note [1] de M. A. **Grumbach** et M^lle M. **Ribaillier**, présentée par M. Cotton.

La phosphorescence de la soude et de la potasse a été découverte par Edm. Becquerel [2], qui a étudié l'aspect physique du phénomène et signalé, en particulier, qu'une calcination prolongée le fait disparaître.

Nous nous sommes proposé de rechercher si cette photoluminescence est due à des impuretés et, le cas échéant, de déterminer leur nature. Comme nous le verrons, l'effet nécessite la présence d'un sel organique qui est généralement un formiate; le spectre de fluorescence subit, d'ailleurs, de grandes modifications suivant la proportion de formiate et de carbonate.

Dans des expériences préliminaires, nous avons vérifié la persistance de la lumière émise au moyen d'un phosphoroscope cylindrique. La rapide décroissance de l'intensité nous a amenés à nous limiter à l'étude détaillée de la fluorescence produite par la lumière de Wood. Le verre au nickel placé devant un arc à mercure du type Bruhat-Gallois ne laissait passer que les radiations voisines de 3650 A; on formait l'image de l'arc donnée par une lentille sur un fragment d'hydrate alcalin contenu dans un petit creuset d'argent placé lui-même dans un tube de verre; le tube chauffé électriquement communiquait avec une pompe à vide par l'intermédiaire de tubes desséchants parmi lesquels des tubes à potasse fondue éliminaient le gaz carbonique.

Dans le vide comme dans l'air, la potasse ou la soude soumise à une calcination prolongée perd toujours sa fluorescence. L'hydratation est étrangère à la production du phénomène; la vérification a été faite sur des échantillons préalablement calcinés, puis réhydratés par un courant de vapeur d'eau.

L'analyse des soudes et des potasses employées a toujours indiqué la présence de formiate et de 5 à 8 pour 100 de carbonate, sans trace appréciable d'autres impuretés.

La fluorescence de la potasse fraîchement coupée est verte, celle de la soude, dans les mêmes conditions, est bleue; les teintes des hydrates à l'alcool sont moins foncées mais plus brillantes que celles de la potasse du

(1) Séance du 26 décembre 1933.

(2) Edm. Becquerel, *La Lumière*, Paris, 1867, p. 211 et 372.

potassium et de la soude du sodium. Nous verrons plus loin comment ces apparences s'expliquent par la constitution des spectres correspondants.

Un échantillon de soude ou de potasse chauffé jusqu'à sa température de fusion présente, après refroidissement, une fluorescence plus brillante qu'à son état primitif. Si l'on arrête la chauffe à une température supérieure au point de fusion, sans pousser la calcination jusqu'à la disparition de la fluorescence, la teinte passe du vert ou du bleu au jaune. L'analyse chimique ne décèle alors que du carbonate comme impureté, mais des traces très faibles de sels organiques doivent cependant subsister dans l'échantillon ainsi traité, car les potasses et les soudes à fluorescence jaune réduisent le permanganate en solution sulfurique.

Le formiate de sodium pur du commerce ne présente pas de fluorescence appréciable, mais une fois fondu et refroidi, il émet une lueur bleuâtre analogue à celle de la soude fondue. De plus, en prolongeant la chauffe, on obtient un produit à fluorescence jaunâtre; ce résultat s'explique par la carbonatation partielle du formiate.

Si à un échantillon de soude ou de potasse calcinée non fluorescente on ajoute quelques centièmes de son poids de formiate et que l'on refonde le tout en chauffant modérément, la fluorescence apparaît. L'addition de carbonate à l'hydrate non fluorescent est, au contraire, sans action.

L'incorporation de formiate à un échantillon à teinte jaunâtre restitue la luminescence bleue ou verte. En exagérant la quantité de formiate, on peut obtenir un corps à fluorescence bleue foncée ou verte foncée qui contient de l'oxalate produit à partir du formiate en présence d'alcali suivant la réaction étudiée par M. C. Matignon et M^lle^ G. Marchal (1).

Une coupure ancienne d'un bâton de soude ou de potasse émet une lueur de plus en plus jaune si l'on n'a pas pris soin de le conserver à l'abri du gaz carbonique.

En résumé, les hydrates « verts » ou « bleus » contiennent toujours une quantité de sel organique relativement grande, tandis que, dans les produits « jaunes », celui-ci se trouve en faible proportion relativement au carbonate qui fait toujours virer la teinte du côté du jaune; tous les états de transition sont possibles, sous réserve de l'influence d'un excès de formiate qui donne de l'oxalate.

L'étude des spectres de fluorescence permet de préciser la définition de ces teintes. Les spectres de la potasse du potassium et de la soude du

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 31, 1922, p. 533 et 789.

sodium sont localisés l'un dans le vert, l'autre dans le bleu; ceux des hydrates à l'alcool s'étendent de l'orangé au bleu. Enfin, le spectre « jaune » s'étale du rouge au bleu.

La spectrophotométrie coordonnée à des analyses chimiques sera nécessaire pour définir quantitativement ces phénomènes qu'il faudra étudier à de basses températures pour en donner une interprétation physique.

BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — *Variation thermique de la biréfringence magnétique et de la dispersion du phénylsuccinate d'éthyle.* Note [1] de MM. **René Lucas, Marcel Schwob** et **Antoine Goldet**, présentée par M. A. Cotton.

L'existence des biréfringences électriques et magnétiques anormales de certaines molécules a été mise en évidence lors de précédentes Communications [2]. Rappelons que ces anomalies se manifestent soit par des valeurs de dispersions de biréfringence en opposition avec la loi de Havelock, soit par des variations thermiques en désaccord avec les prévisions des diverses théories (Langevin, Born-Debye, de Mallemann).

A ce dernier point de vue des résultats particulièrement nets ont été obtenus pour les variations thermiques d'effet Kerr du phénylsuccinate d'éthyle. En raison des propriétés observées il était à présumer que ce composé présenterait des anomalies dans les variations thermiques d'effet Cotton-Mouton.

Nous indiquons ici les résultats expérimentaux relatifs à ce corps. Les mesures ont été faite à Bellevue à l'aide du grand électroaimant de l'Académie des Sciences et en utilisant la cuve thermostatique réalisée par l'un de nous [3].

La cuve utilisée, remplie de nitrobenzène, donnait une rotation de l'analyseur de 16°,91 à la température $\theta = 15°,6$ et pour la raie verte du mercure $\lambda = 5461$ Å.

Le tableau ci-après donne les valeurs des rotations de l'analyseur $\beta_v$ pour $\lambda = 5461$ Å et $\beta_i$ pour $\lambda = 4358$ Å, pour la même cuve et le même

---

(1) Séance du 18 décembre 1933.

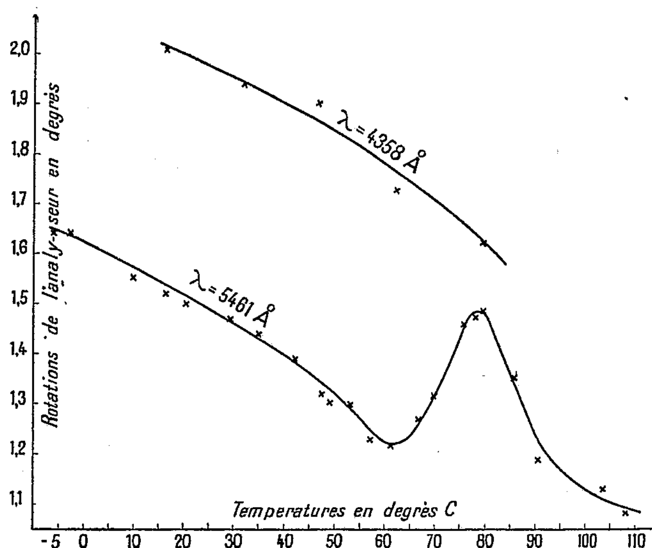
(2) R. Lucas et H. Schwob, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2296, et **196**, 1933, p. 765; *Journ. de Phys.*, 7e série, **4**, vi, p. 287-300.

(3) A. Goldet, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1612.

champ que pour le nitrobenzène; les rotations sont mesurées à 0°,02 près dans le vert et à 0°,03 près dans l'indigo. La dispersion est donnée par le rapport $\beta_I/\beta_V$.

| $\theta$ en degrés C. | $\beta_V$ en degré. | $\beta_I$ en degré. | $\beta_I/\beta_V$. | $\theta$ en degrés C. | $\beta_V$ en degré. | $\beta_I$ en degré. | $\beta_I/\beta_V$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| −6,0.... | +1,64 | | | 52,7.... | +1,30 | | |
| −3,0.... | +1,64 | | | 56,9.... | +1,23 | | |
| +9,55... | +1,55 | | | 61,2.... | +1,22 | | |
| 16,2.... | +1,52 | | | 63...... | − | +1,72 | 1,40 |
| 16,4.... | − | +2,01 | 1,32 | 66,5.... | +1,27 | | |
| 19,75... | +1,50 | | | 69,9.... | +1,32 | | |
| 29,1.... | +1,47 | | | 75,3.... | +1,46 | | |
| 32,7.... | − | +1,94 | 1,34 | 77,3.... | +1,47 | | |
| 34,8.... | +1,44 | | | 79,5.... | − | +1,62 | 1,09 |
| 42...... | +1,38 | | | 79,7.... | +1,49 | | |
| 46,8.... | − | +1,90 | 1,44 | 85,7.... | +1,35 | | |
| 47,25... | +1,32 | | | 90,5.... | +1,18 | | |
| 48,6.... | +1,30 | | | 103,5.... | +1,13 | | |
| | | | | 107,5.... | +1,08 | | |

Les courbes suivantes montrent, dans le cas des variations de $\beta_V$ en fonction de $\theta$, une forte analogie d'aspect avec la courbe théorique indiquée




par l'un de nous ([1]) dans le cas d'un équilibre entre deux formes moléculaires ayant des biréfringences de même signe.

---

([1]) R. Lucas, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1657.

D'autre part, la dispersion de biréfringence $\beta_I/\beta_v = 1,09$ trouvée à 80°C., valeur anormale très inférieure au rapport $\lambda_v/\lambda_I = 1,25$, ne peut s'expliquer que par l'intervention d'au moins une forme moléculaire à biréfringence magnétique négative, celle-ci étant associée à une (ou deux) formes moléculaires à biréfringences magnétiques positives. L'ensemble des résultats n'est donc compatible qu'avec l'hypothèse d'un équilibre entre trois formes (au moins) dont l'une (au moins) a une biréfringence négative. L'étude des variations thermiques de l'effet Kerr sur le même corps avait déjà conduit à postuler l'existence d'au moins trois formes moléculaires.

Rappelons que lors de l'étude des pouvoirs rotatoires naturels du phénylsuccinate de méthyle actif (corps très voisin), M[lle] Biquard avait montré (1) que les changements d'activité observés n'étaient explicables que par l'hypothèse d'au moins trois formes en équilibre.

Les résultats précédents, qui s'interprètent complètement par l'hypothèse du polymorphisme moléculaire montrent le rôle que celui-ci peut jouer dans les phénomènes de biréfringence magnétique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la structure des dépôts électrolytiques de cuivre obtenus en présence de certains colloïdes.* Note de M. **P. Jacquet**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai étudié antérieurement (2) les tensions mécaniques présentées par les dépôts électrolytiques de cuivre obtenus en présence de divers colloïdes. Ces tensions étant certainement sous la dépendance étroite de la structure du dépôt, il m'a semblé utile de déterminer cette dernière par l'examen métallographique.

Depuis longtemps déjà on avait essayé d'étudier au microscope, après polissage et attaque, les coupes de certains dépôts de cuivre obtenus en présence de colloïdes (3), mais en raison de la grande fragilité de la plupart de ces dépôts aucune étude systématique n'avait pu être entreprise.

J'ai examiné l'action des colloïdes suivants : gélatine, sérum-albumine, gomme arabique, gomme adragante, dextrine, et aussi celle d'un amino-

(1) M[lle] D. Biquard, *Ann. de Chim.*, 10e série, **20**, 1933, p. 175.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 456; **195**, 1932, p. 952.

(3) A. Siewerts et W. Wippelmann, *Zeit. für anorg. Chem.*, **91**, 1915, p. 1; Grube et V. Reuss, *Zeit. für Elektrochem.*, **27**, 1921, p. 45.

acide, le glycocolle. Chacune de ces substances a été étudiée à 17 concentrations comprises entre $1^{mg}$ et $5^{g}$ par litre d'électrolyte (solution renfermant par litre $125^{g}$ $SO^4Cu$ crist. et $25^{g}$ $SO^4H^2$ conc.). On électrolyse pendant 5 heures à une température voisine de 18-20° et avec une intensité de 2 ampères par décimètre carré; puis le dépôt est recouvert d'une mince couche de nickel électrolytique et ensuite d'une couche de cuivre normal très épaisse (2 à $3^{mm}$). On découpe au milieu de la lame un carré de $1^{cm}$ de côté; la section normale à la surface de l'électrode est polie et attaquée.

Je ne donnerai ici que les conclusions les plus importantes tirées de l'examen métallographique (grossissement de 500 et 1000 diamètres).

*a. Gélatine.* — A partir d'une concentration en colloïde de $5^{mg}$ par litre, les cristaux sont nettement plus petits que ceux du cuivre ordinaire. Au voisinage de $250^{mg}$, la structure devient très fine et présente des modifications tout à fait particulières (cristallisation en arborescences). Il est intéressant de remarquer qu'à cette même concentration la surface des dépôts passe de l'aspect brillant à l'aspect mat en même temps que des changements considérables apparaissent dans les valeurs des tensions mécaniques. En effet, aux concentrations inférieures à $200^{mg}$ par litre, ces tensions sont des contractions, elles deviennent des dilatations aux concentrations supérieures.

*b. Sérum-albumine* ([1]). — La structure est nettement modifiée pour une concentration en albumine de $2^{mg},5$ par litre; jusqu'à $500^{mg}$ les cristaux sont très allongés mais nettement visibles; au delà de $1^{g}$ par litre la structure est extrêmement fine; l'attaque ne révèle qu'une série de bandes parallèles alternativement claires et foncées sans aucune indication de cristaux.

*c. Gomme arabique.* — On constate une diminution de la taille des cristaux à partir d'une concentration comprise entre 50 et $100^{mg}$ par litre. Une structure relativement fine n'apparaît que vers $2^{g}$ par litre.

*d. Gomme adragante.* — Une concentration comprise entre 100 et $200^{mg}$ par litre modifie un peu la taille des cristaux. Au delà de $200^{mg}$, la dépôt présente deux zones très distinctes; la plus voisine du support est constituée par des cristaux nettement délimités qui, à une certaine distance, cessent brusquement de croître et font place à une structure d'autant plus fine que la concentration en colloïde est plus forte. Au delà de $2^{g}$ par litre, les dépôts sont trop pulvérulents pour pouvoir être examinés.

*e. Dextrine.* — On note une très faible variation de structure pour une

(1) Cette protéine a été préparée par M. Piettre au moyen de la méthode à l'acétone.

concentration voisine de 2$^g$ par litre. Au-dessous et au-dessus de cette concentration, la cristallisation est celle du cuivre normal.

*f. Glycocolle.* — Les cristaux sont légèrement plus fins à partir d'une concentration en amino-acide de 2$^g$ par litre environ.

Ces résultats permettent de classer les substances étudiées, au point de vue de leur action sur le dépôt électrolytique du cuivre, en trois groupes :

1° Substances très actives : gélatine, sérum-albumine;

2° Substances moyennement actives : gommes arabique et adragante;

3° Substances à peu près inactives : dextrine, glycocolle.

Ce classement est identique à celui qui a été obtenu en étudiant l'action exercée par ces substances sur les tensions des dépôts de cuivre, mais cette dernière méthode est de beaucoup la plus sensible pour déceler l'influence des très faibles quantités de colloïdes.

On doit remarquer, en outre, que les substances modifiant fortement la structure du dépôt de cuivre (protéines) sont celles qui sont le plus facilement adsorbables (1). Ces résultats montrent que le phénomène d'adsorption est à la base du processus d'action des colloïdes organiques dans le bain électrolytique de sulfate de cuivre.

RAYONS X. — *Focalisation des rayons X diffusés par des lames cristallines planes.* Note (2) de M$^{lle}$ **Y. Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

De récentes études ont montré que l'emploi convenable de lames cristallines courbées peut conduire à l'obtention de faisceaux X monochromatiques convergents et permettre, en particulier, de réaliser des spectrographes à focalisation, de grande luminosité et à pouvoir séparateur élevé.

J'ai décrit un type de spectrographes à réseaux cristallins courbés utilisés par transmission qui ont été et sont appliqués à différentes recherches sur les rayonnements durs et moyennement durs (3).

Comme suite à ces travaux je ferai remarquer qu'une fente ou un couteau à bords circulaires associé à une lame cristalline plane peut également fournir des faisceaux diffusés convergents. Je me bornerai ici à quelques considérations de principe.

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 921.

(2) Séance du 26 décembre 1933.

(3) Voir notamment Y. Cauchois, *Journ. de Phys.*, 7$^e$ série, **3**, 1932, p. 320; 7$^e$ série, **4**, 1933, p. 61.

Supposons qu'à la lame cristalline plane de surface réticulaire réfléchissante $xOy$ (figure) soit, par exemple, accolé un couteau cylindrique d'axe $Oz$ qui délimite sur $xOy$ une ligne d'incidences efficaces suivant sa section droite : le cercle de centre O, rayon R. En un point d'incidence quelconque A sur ce cercle, tous les rayons incidents et réfléchis correspondant à un angle de Bragg $\varphi$ forment un cône d'axe AH parallèle à $Oz$ et de demi-angle au sommet $\pi/2 - \varphi$. L'un de ces rayons a pour équation

$$\frac{x - R\cos\theta}{\alpha} = \frac{y - R\sin\theta}{\beta} = \frac{z}{\gamma} \qquad \text{avec} \qquad \alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1 ; \qquad \gamma = \sin\varphi.$$

L'intersection du cône considéré avec un plan contenant $Oz$, par exemple le plan des $yz$, est l'hyperbole d'axe parallèle à $Oz$ :

$$\frac{z^2}{R^2\cos^2\theta\,\text{tang}^2\varphi} - \frac{(y - R\sin\theta)^2}{R^2\cos^2\theta} = 1$$

ou mieux, dans le cas pratique auquel il faut se limiter, la branche de cette hyperbole relative aux $z$ positifs. Quand $\theta$ varie, c'est-à-dire lorsque le point A se déplace sur le cercle, on obtient un double faisceau de branches d'hyperboles concourantes au point S de $Oz$, dont la cote est $R\,\text{tang}\varphi$.

Si donc une couche photographique sensible était placée dans un plan passant par l'axe, une figure spectrale s'y dessinerait, pour chaque angle de Bragg; en supposant que toute la circonférence de base soit éclairée, ce qui serait difficilement le cas dans la pratique, elle affecterait la forme d'un double éventail de sommet S, d'ouverture $2\varphi$ (figure). Les figures spectrales successives se recouvriraient partiellement à l'extérieur de l'axe.

Ces remarques pourraient conduire à la réalisation de spectrographes dans lesquels la détermination des longueurs d'onde se ferait à partir du pointage des centres de concentration tels que S sur l'axe, la formule de dispersion étant $OS = R\,\text{tang}\varphi$ avec $n\lambda = 2d_n\sin\varphi$. Vers l'un de ces centres converge un faisceau conique creux de rayons diffusés sous un même angle de Bragg; d'un diaphragme ponctuel qui se déplacerait suivant l'axe $Oz$ émergerait en chaque point un faisceau monochromatique divergent conique creux axé sur $Oz$, qui pourrait être analysé à la chambre d'ionisation et trouverait d'autre part son emploi, en particulier, dans la technique d'analyse des poudres décrite par H. Hulubei (1).

La substitution d'une fente à lèvres circulaires situées dans un plan paral-

(1) Voir ci-après p. 79.

lèle à la surface du cristal et placée soit sur le trajet des rayons incidents, soit même, afin d'éviter les effets de la pénétration du rayonnement dans le cristal, sur le trajet des rayons diffusés, ne change rien d'essentiel aux considérations esquissées. Il s'ensuit cependant une limitation du domaine des angles de Bragg observables.

De même que dans les spectrographes à cristaux plans ordinaires, le pouvoir séparateur dépendrait ici de la largeur de la fente ou respectivement de la distance du couteau à la surface du cristal, l'incertitude sur la position du point de concentration étant égale à la largeur de la fente ou, suivant le cas, au double de la distance du couteau à la surface du cristal.

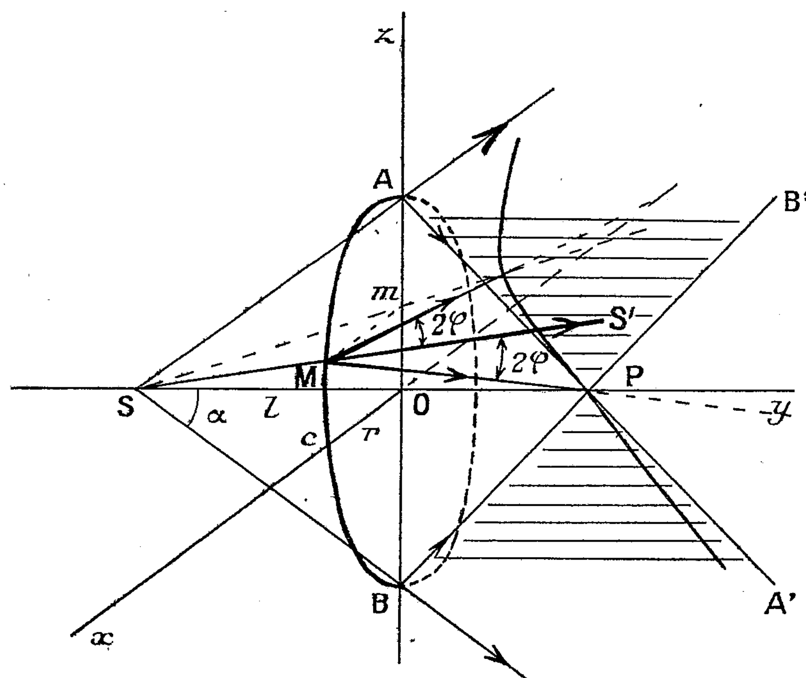
Dans un spectrographe à cristal plan, quoiqu'il n'en soit en général pas fait mention, la longueur de la fente ou du couteau rectiligne produit un élargissement des raies spectrales d'autant plus important que le rayonnement est plus mou; rien de tel ne se produirait avec des fentes ou couteaux circulaires ou cylindrocirculaires; ceux-ci remplaceraient donc peut-être avantageusement les fentes usuelles puisque, entraînant une focalisation d'une partie des rayons diffusés, ils amélioreraient à la fois la luminosité et le pouvoir séparateur des appareils à cristaux plans. Ces montages seraient sans doute spécialement avantageux dans l'étude des rayons X mous (dispersion élevée) et aussi pour les cristaux que l'on ne peut courber.

Une première épreuve expérimentale sommaire semble donner quelque poids à ces remarques.

RAYONS X. — *Méthodes de focalisation dans l'analyse des poudres cristallines.* Note (¹) de M. **Horia Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

Je décrirai ci-dessous un principe de focalisation qui condense un certain nombre de réalisations particulières possibles dans la technique des rayons X et spécialement applicables à l'analyse des poudres cristallines et des liquides.

Une source ponctuelle S de rayons X monochromatiques éclaire une préparation cristalline suivant la circonférence de cercle C de diamètre AB.




En un point d'incidence quelconque M, sur le cercle, se forme un cône de Debye, d'axe SMS′ et d'angle au sommet $4\varphi$. L'axe $Oy$ coupe ce cône en un point P de cote $r\cot(2\varphi - \alpha)$, $\alpha$ étant le demi-angle au sommet du cône creux de rayons incidents, $\varphi$ un angle de Bragg compatible avec la structure de la poudre cristalline et la longueur d'onde incidente et $r$ le rayon adopté pour le cercle C. La symétrie de la figure montre que la position du point P est indépendante de celle de M sur le cercle.

(¹) Séance du 26 décembre 1933.

*En* P *converge donc un cône creux de rayons diffusés, sous un angle* $\varphi$ *déterminé, par la poudre cristalline éclairée suivant le cercle* C.

Le cône de Debye de sommet M coupe un plan passant par $Oy$, par exemple le plan $zOy$, suivant une branche d'hyperbole d'axe $Sm$ ($m$ étant la projection de M sur l'axe $Oz$). Quand M décrit le cercle, la branche d'hyperbole balaie la portion du plan $zOy$ comprise entre les deux droites $\overline{APA'}$, $\overline{BPB'}$ (hachurée sur la figure) auxquelles elle se réduit dans les cas particuliers où M est en A et B respectivement. L'angle A'PB de ces deux droites est : $\pi - 2(2\varphi - \alpha)$.

Expérimentalement, cet arrangement peut être réalisé, par exemple, par limitation du faisceau X incident à l'aide d'un canaliseur conique approprié, on encore à partir d'une source ponctuelle et d'une fente circulaire plane qui détermine un cercle utile sur le préparé cristallin.

Tous les angles $\varphi$ entre $\alpha/2$ et $(\pi/4 + \alpha/2)$, donc compris dans un domaine variable avec $\alpha$, seraient observables. Un tel dispositif permettrait d'atteindre des angles de Bragg assez petits, c'est-à-dire d'obtenir des figures de diffusion d'ordres faibles, donc intenses. Ceci pourrait représenter un avantage par rapport à la méthode de focalisation de Bohlin.

L'angle $\alpha$ est fixé par le choix convenable de $r$ et $l$ (voir figure). A la limite on peut faire $\alpha = 0$, c'est-à-dire éclairer le préparé cristallin par un faisceau *cylindrique creux*. Cette remarque conduit à une réalisation pratique intéressante. En effet, une anticathode cylindrique creuse, obturée par un diaphragme circulaire, émet un faisceau cylindrique creux dont l'utilisation est ici immédiate. La méthode permettrait en outre, dans certains cas, une analyse commode du rayonnement de fluorescence provoqué par l'impact de rayons X ou $\gamma$.

Le principe général du faisceau incident conique creux serait réalisable à l'aide de tubes à rayons X usuels à anticathode ponctuelle.

Enfin, je voudrais faire remarquer que l'emploi simultané des deux focalisations réalisées, d'un côté par une fente circulaire identique à celle utilisable dans les montagnes ci-dessus, et de l'autre par une lame cristalline cylindrique donnerait un gain d'intensité, dans l'analyse spectrale, par rapport à la méthode de Gouy et permettrait une utilisation plus avantageuse des sources non ponctuelles.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la dématérialisation de paires d'électrons.* Note de M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans deux Notes [1] parues simultanément, M. Thibaud et l'auteur ont décrit des expériences sur la dématérialisation des positrons. Dans les deux cas, il semble établi que lorsque des électrons positifs, sont arrêtés dans la matière, il en jaillit des photons qui peuvent être attribués à leur dématérialisation (Pt, J. Thibaud; Pb-Al, F. Joliot). Le but de la présente Note est de donner quelques précisions sur mes résultats. Je rappelle que, dans mes expériences, les positrons issus d'une lame d'aluminium irradiée par les rayons $\alpha$ du polonium sont envoyés, selon la méthode que M. J. Thibaud a l'heureuse idée d'appliquer pour les concentrer (trochoïde enroulée autour de lignes de force magnétique) sur un radiateur de plomb placé au-dessus d'un compteur Geiger-Müller. Lorsque tous les positrons sont arrêtés par le plomb ($1^{mm},5$), on observe qu'il en jaillit un rayonnement $\gamma$ dont l'intensité décroît lorsqu'on interpose entre le radiateur et le compteur des épaisseurs croissantes de plomb. Pour les trois écrans d'épaisseurs $1^{mm},5$, $4^{mm}$, $6^{mm}$, les intensités (nombre d'impulsions par minute corrigé des impulsions propres du compteur) sont respectivement $2,46 \pm 0,10$, $1,24 \pm 0,20$, $0,67 \pm 0,25$. Les intensités étant très faibles, il fut nécessaire de compter environ 10000 impulsions dans chaque cas pour obtenir la précision indiquée. Le coefficient d'absorption massique de la radiation vraisemblablement monochromatique est compris entre 0,19 et 0,32, ce qui correspond à l'énergie moyenne de photons $485 \times$ KVe $\pm$ 60 KVe. Cette valeur est très proche de 500 KVe, elle correspond aux prévisions de la théorie de Dirac.

D'après cette théorie, il y a deux possibilités d'annihilations.

1° Un électron positif peut disparaître en même temps qu'un électron négatif qu'il rencontre en donnant non pas un, mais deux photons, en sorte que l'impulsion puisse se conserver. Ce phénomène, négligeable lorsque le positron est en mouvement rapide, se produit presqu'uniquement après qu'il a été arrêté dans l'absorbant. La vie moyenne d'un positron qui, dans l'eau, serait de l'ordre de $4 \times 10^{-10}$ sec doit être inversement proportionnelle à la densité de l'absorbant. La dématéralisation s'effectuant principalement

(1) J. Thibaud, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1629; F. Joliot, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1622.

lorsque le positron a perdu sa vitesse, *les deux* photons doivent être émis dans des directions opposées avec des énergies égales, la somme de celle-ci étant $10^6$ eV, équivalente à la somme des masses au repos des deux électrons.

2° Si l'électron positif disparaît en rencontrant un électron fortement lié à un noyau (lequel, en raison de sa grande massse, prendra une impulsion notable, mais une énergie négligeable), un photon unique pourra être émis, mais avec l'énergie $10^6$ eV, l'énergie totale libérée étant la même que dans le premier processus.

Un autre résultat important de l'expérience est la détermination du nombre de photons correspondant à l'annihilation d'un positron. A l'aide du compteur, j'ai déterminé le nombre des positrons ($5000 + 500$ par minute) qui atteignent le radiateur et le nombre des photons décelés par l'appareil, et qui n'est qu'une petite fraction du nombre total des photons correspondant à la dématérialisation des positrons. La valeur de cette fraction a été obtenue soit par le calcul, soit en mesurant le nombre d'impulsions données par le compteur en plaçant une source de $3 \times 10^{-7}$ g de (Ra + ... B + C) sur le radiateur à l'endroit où arrivent les positrons. Cette détermination fait intervenir le nombre total de photons $\alpha$ émis par la source de Ra, nombre d'ailleurs connu avec une faible précision. Cependant en utilisant les valeurs des intensités absolues des principales raies $\gamma$ de RaB + C corrigées de l'absorption que peuvent subir ces rayons avant de pénétrer dans le compteur, on trouve que le nombre $n$ de photons émis dans l'angle $4\pi$, correspondant à la dématérialisation d'un positron est compris entre 1,6 et 3; soit une valeur probable voisine de 2.

Il serait très important de connaître ce nombre $n$ avec plus de précision. On peut en effet imaginer un nouveau processus d'annihilation des positrons qui donnerait lieu à l'émission d'un seul photon de 500 KVe par positron. Un positron lent par rencontre avec un électron libre donnerait un photon de 500 KVe et un neutrino (association d'un positron et d'un électron) de même énergie, lamés suivant des directions opposées. Ce processus n'est possible qu'à la condition que la masse intrinsèque du neutrino soit nulle comme l'a envisagé Francis Perrin (¹). Le neutrino devant avoir un grand pouvoir pénétrant ne donnerait sensiblement pas d'effet dans le compteur. Si une partie au moins des positrons disparaissait ainsi, on devrait observer une valeur de $n$ comprise entre 1 et 2. Toutefois

(¹) F. Perrin, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1624.

la précision des résultats que j'ai obtenus me semble suffisante pour penser que les prévisions de la théorie de Dirac sont en majeure partie confirmées.

Contrairement à la conclusion de M. Thibaud, je crois que ses résultats sont en contradiction avec cette théorie puisque selon cet auteur un seul photon de 500 KVe correspondrait à l'annihilation d'un positron. Enfin, je crois devoir remarquer que ni mes expériences, ni celles de M. Thibaud, ne permettent d'atteindre la valeur de la vie moyenne du positron même en ce qui concerne l'ordre de grandeur.

En effet, l'énergie des photons indique que les positrons se dématérialisent après avoir épuisé la majeure partie de leur vitesse; ces expériences nous laissent dans l'ignorance du temps pendant lequel le positron a pu survivre après s'être arrêté et qui peut être très supérieur (Dirac) à celui nécessaire pour accomplir le parcours *mesurable*. La vie moyenne peut donc être beaucoup (¹) plus élevée que celle tirée par M. Thibaud de la durée du parcours mesuré dans le platine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude polarimétrique des complexes ferritartriques.* Note (²) de MM. **Pariselle** et **Delsal**, présentée par M. Jean Perrin.

M. Darmois (³) a signalé déjà qu'on obtient des rotations positives considérables en mélangeant des solutions d'alun, de fer ammoniacal et de tartrate de soude. Cette exaltation du pouvoir rotatoire due à la formation de complexes nous a incité à en faire une étude systématique et à vérifier les travaux de Jellinck et Gordon (⁴), Wark (⁵), Francke (⁶) pour ne citer que les plus récents.

I. — *Étude polarimétrique des mélanges d'acide tartrique et de nitrate ferrique.* (Volume total de la solution, $50^{cm^3}$; tube de $2^{dm}$; $t = 21°$.)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $TH^2$ (monomol.) en $cm^3$ .... | 10 | 8 | 6 | 5 | 4 | 2 |
| $(NO^3)^3Fe$ (monomol.) en $cm^3$. | 0 | 2 | 4 | 5 | 5 | 2 |
| $\alpha$ (raie jaune du Hg) ....... | 0°,93 | 2°,78 | 3°,66 | 3°,70 | 3°,60 | 2°,73 |

(¹) J. Thibaud, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1629.
(²) Séance du 18 décembre 1933.
(³) *Ann. de Phys.*, 10, 1928, p. 70.
(⁴) *Zeit. physik. Chem.*, 112, 1924, p. 207.
(⁵) *Id.*, 157, 1931, p. 310.
(⁶) *Ann. der Chem.*, 486, 1931, p. 242.

La courbe présente un maximum correspondant à la formation d'un *acide ferritartrique*, conformément à la réaction



$$C^4O^6H^6 + (NO^3)^3Fe \rightleftharpoons [C^4H^2O^6Fe]H + 3NO^3H.$$

Si l'on neutralise les trois molécules d'acide nitrique formées, on obtient un précipité jaune-ocre, très faiblement soluble dans l'eau, soluble dans les acides et dans les bases.

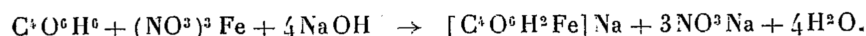
II. — *Étude des mélanges contenant des proportions équimoléculaires d'acide et de nitrate, et des proportions croissantes de soude*

[$TH^2$, $2^{cm^3}$; $(NO^3)^3Fe$, $2^{cm^3}$; volume total, $50^{cm^3}$; tube de $20^{cm}$].

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Na(OH) (normale) en cm³.. | 0 | 2 | 4 | 6 | 7 | 8 |
| $\alpha_J$ ...................... | 2° | 2°,52 | 3°,15 | 3°,45 | 2°,63 | 2° |

Au delà de $8^{cm^3}$ de soude, la liqueur est trop colorée pour se prêter aux mesures polarimétriques; celles-ci peuvent être continuées avec l'ammoniaque qui donne une courbe de même allure; l'augmentation de $\alpha$ est très faible.

Là encore le maximum est dû à la formation d'acide ferritartrique, tandis que le minimum, obtenu pour $8^{cm^3}$ de soude, correspond à son sel de sodium (ou d'ammonium) :



$$C^4O^6H^6 + (NO^3)^3Fe + 4NaOH \rightarrow [C^4O^6H^2Fe]Na + 3NO^3Na + 4H^2O.$$

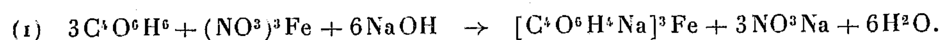
III. — *Étude des mélanges contenant, pour* 1 *atome de fer,* 2, 3, ..., *n molécules d'acide.*

Rotations obtenues pour $n = 3$ [$TH^2$, $6^{cm^3}$; $(NO^3)^3Fe$, $2^{cm^3}$]; $V = 50^{cm^3}$; $t = 18°$.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NaOH...... | 0 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 18 | 20 |
| $\alpha_J$.......... | 2°,60 | 3°,16 | 3°,48 | 3°,08 | 2°,25 | 1°,80 | 2°,90 | 4°,43 | 4°,47 |

Le premier maximum correspond à l'acide ferritartrique qui se forme toujours en milieu acide, quel que soit le nombre de molécules d'acide tartrique.

Le minimum (¹) correspond au complexe sodé tritartroferrique :

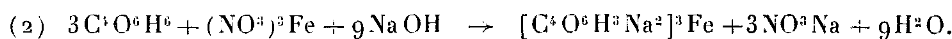


$$(1)\quad 3C^4O^6H^6 + (NO^3)^3Fe + 6NaOH \rightarrow [C^4O^6H^4Na]^3Fe + 3NO^3Na + 6H^2O.$$

Le palier maximum, atteint pour $18^{cm^3}$ de soude (¹), correspond au com-

(¹) Ces deux complexes A et B se forment, dans le cas général de $n$ molécules de $TH^2$ pour une de nitrate, lorsqu'on a ajouté respectivement $(n+3)$ et $(2n+3)$ molécules de soude.

plexe hexasodé :



(2) $3C^4O^6H^6 + (NO^3)^3Fe + 9NaOH \rightarrow [C^4O^6H^3Na^2]^3Fe + 3NO^3Na + 9H^2O.$

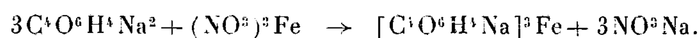
Pour $n < 3$, les réactions (1) et (2) sont incomplètes et l'hydroxyde de fer en excès forme une solution colloïdale rouge foncé; pour $n > 3$, il y a, au contraire, excès d'acide tartrique et la solution est franchement jaune.

IV. — *Étude des mélanges de tartrate de soude et de nitrate ferrique.*
($V = 50^{cm^3}$; $l = 2^{dm}$; $t = 19^\circ$.)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $TNa^2$........... | 10 | 9 | 8 | 7,5 | 7 | 6 | 5 | 4 | 2 |
| $(NO^3)^3Fe$....... | 0 | 1 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 |
| $\alpha_J$............. | 2°,50 | 2°,85 | 2°,53 | 2°,20 | 2°,70 | 6°,40 | 6°,60 | 5°,93 | 3°,83 |

A partir de $8^{cm^3},5$ de tartrate et jusqu'à $1^{cm^3},5$, il y a une *mutarotation* très nette, mais rapide; les rotations ci-dessus sont relatives à l'équilibre.

La courbe obtenue présente un maximum peu accentué $1TNa^2$, $1Fe$, précédé d'une cassure très nette pour $3TNa^2$, $2Fe$; un minimum pour $3TNa^2$, $1Fe$ et un deuxième maximum vers $9TNa^2$, $1Fe$. Pour ce dernier mélange, il se forme vraisemblablement le complexe sodé de la réaction (2). Pour la composition $3TNa^2$, $1Fe$, on obtient le complexe de la réaction (1),



$$3C^4O^6H^4Na^2 + (NO^3)^3Fe \rightarrow [C^4O^6H^4Na]^3Fe + 3NO^3Na.$$

Enfin, pour $3TNa^2$, $2Fe$, il y a formation d'acide ferritartrique,



$$3C^4O^6H^4Na^2 + 2(NO^3)^3Fe \rightarrow 2[C^4O^6H^2Fe]H + 6NO^3Na + C^4O^6H^6.$$

La mutarotation s'explique bien en admettant un équilibre entre les deux complexes sodés pour des teneurs en tartrate comprises entre 3 et $9^{mol}$ et un équilibre entre le complexe (1) et l'acide ferritartrique pour les teneurs comprises entre 1,5 et $3^{mol}$. Pour des concentrations plus faibles en $TNa^2$, il ne se forme plus que l'acide ferritartrique et la mutarotation n'a plus lieu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la tenue de quelques alliages légers à la corrosion marine.* Note [1] de MM. **J. Cournot**, **M. Chaussain** et **H. Fournier**, présentée par M. Léon Guillet.

Des industries étrangères de l'aluminium ont mis sur le marché, voici quelques années, des alliages légers caractérisés principalement par une

(1) Séance du 18 décembre 1933.

assez forte addition de magnésium et l'absence totale de cuivre; ces alliages peuvent se classer en deux groupes principaux :

ceux renfermant 6 à 9 pour 100 de magnésium, un peu de manganèse et de silicium;

ceux renfermant 2 à 3 pour 100 de magnésium, 1 à 3 pour 100 de manganèse, 0,2 à 0,5 pour 100 d'antimoine et un peu de silicium.

Nous avons recherché si ces alliages présentent réellement une inattaquabilité à l'eau de mer ou, plus exactement, si leur résistance à ce genre de corrosion est très élevée, et nous avons effectué à cet effet, à l'état d'emploi, des essais d'immersions et émersions alternées, à la température ordinaire, les conditions expérimentales autres que la température étant conformes aux prescriptions des Services techniques de l'Air; la durée des corrosions a été de vingt-cinq jours.

Une première série d'essais a porté sur des produits laminés : un alliage à 9,05 pour 100 de magnésium, 0,37 pour 100 de manganèse et 0,21 pour 100 de silicium (donnant $R = 39,5$, $E = 18,5$, $A\,{}^0/_0 = 25$), un duralumin ordinaire et un duralumin spécial au nickel et au chrome, également à l'état d'emploi; les essais ont donné respectivement des pertes de poids moyennes de 15,00, 23,15 et 16,40 g/m²; les aspects de corrosion sont assez différents, les duralumins s'attaquant d'une manière homogène sur toute la surface des éprouvettes tandis que l'alliage au magnésium sans cuivre se corrode surtout, et alors très vivement, dans la partie centrale des éprouvettes.

Une seconde série d'essais a porté sur des produits filés à la presse : un alliage de la première catégorie ($Mg = 8,65$, $Mn = 0,54$, $Si = 0,32$) et deux alliages de la seconde catégorie ($Mg = 2$, $Mn = 1,5$, $Si = 0,55$, $Sb = 0,2$ et $Mg = 2,4$, $Mn = 3,05$, $Si = 0,3$, $Sb = 0,4$); nous avons trouvé des pertes de poids moyennes de 43,10, 29,25 et 28,25 g/m² respectivement; les aspects de corrosion, intensité mise à part, sont analogues.

On voit que les alliages à haute teneur en magnésium, s'ils présentent une teneur légèrement améliorée sur le duralumin spécial, sont encore loin de l'inattaquabilité, du moins avec les compositions chimiques et sous les états que nous avons essayés, compositions et états certainement susceptibles d'améliorations comme l'a montré une Note récente de MM. Herzog et Chaudron [1].

---

[1] E. Herzog et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 2002.

Quant aux alliages de la deuxième catégorie, leur tenue à la corrosion est nettement supérieure à celle des alliages légers usuels, mais leurs propriétés mécaniques sont bien moindres : en moyenne R = 25, E = 15, A °/₀ = 15.

Enfin, nous avons comparé deux alliages de la première catégorie, filés à la presse, et renfermant :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Le premier........ | Mg = 8,85 | Si = 0,64 | Mn = 0,03 | Cu = 0 |
| Le second......... | Mg = 9,18 | Si = 0,66 | Mn = 0,34 | Cu = 0 |

alliages différant donc surtout par la teneur en manganèse; le second a donné une perte de poids qui est un peu moins de moitié de celle du premier; cet heureux effet du manganèse avait aussi été indiqué dans la Note de MM. Herzog et Chaudron ([1]); il se confirme ici pour de telles teneurs, relativement élevées, en silicium.

La conclusion est donc qu'il existe bien, dans la première catégorie envisagée, des alliages présentant de l'intérêt quant aux emplois à la mer, mais que le degré de résistance à la corrosion varie considérablement pour des différences paraissant à première vue très faibles, de composition chimique; une condition essentielle est l'emploi de matières premières de *très haute* pureté, avec une élaboration des plus soignées.

L'étude de la tenue à la corrosion ne doit d'ailleurs pas faire perdre de vue les variations, parfois opposées, des caractéristiques mécaniques, elles-mêmes fonction du silicium et du manganèse par l'effet des traitements thermiques et l'évolution corrélative du composé défini $Mg^2Si$, et aussi de $Al^3Mn$ dont MM. Lecœuvre et Cazaud ont souligné l'existence dans de tels alliages légers ([2]).

---

([1]) *Loc. cit.* Voir aussi Merica, Waltenberg et Finn, *Mechanical properties of resistance to corrosion of rolled light alloys of aluminium and magnesium with copper, with nickel and with manganese* (*Technical Paper* n° 132 *of the Bureau of Standards*, octobre 1919), et J. A. Boyer, *Corrosion of the magnesium aluminium alloys containing manganese* (*U. S. National advisory Committee for Aeronautics*, Report n° 248, 1926).

([2]) A. Lecœuvre et R. Cazaud, *Recherches métallographiques sur l'aluminium et ses alliages* (*Bulletin technique* n° 52 *du Service technique de l'aéronautique*, novembre 1928, p. 16 à 33).

EFFET RAMAN. — *Observation de la bande Raman* OH *de l'acide nitrique.* Note (¹) de M. **Louis Médard** et M^lle^ **Thérèse Petitpas**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons observé antérieurement (²) dans les solutions de nitrate d'ammonium dans l'acide nitrique une large bande Raman allant de 3100 à 3300 $cm^{-1}$, que nous avons attribuée au groupe OH de la molécule d'acide nitrique. Pour obtenir la bande correspondante de l'acide nitrique pur, ce liquide a été excité par la lumière de l'arc à Hg filtrée au moyen d'une solution de $CoCl^2$ qui arrête pratiquement le triplet 4358 Å. L'acide employé était obtenu rigoureusement incolore par deux distillations, dans un bon vide, avec de l'acide sulfurique concentré, et était ensuite conservé à basse température. Sous l'effet du rayonnement de l'arc à mercure, et de l'échauffement qui en résulte, l'acide subit une décomposition avec mise en liberté de produits nitreux jaunes qui le rendent très absorbant pour la radiation excitatrice (4046,5 Å); aussi la substance était renouvelée toutes les trois heures. La pose totale ayant été de 30 heures, le cliché montre une bande excitée par 4046,5 Å et s'étendant autour de 4685 Å.

Cette bande possède une structure nettement *dissymétrique;* du côté du bleu, son intensité qui commence à être perceptible à l'œil vers 4650 Å croît progressivement jusqu'à 4685 Å et varie beaucoup moins entre 4685 et 4711 Å qui marque de façon assez tranchée l'extrémité de la bande du côté des grandes longueurs d'ondes. Dans l'échelle des fréquences caractéristiques, on a donc de 3215 à 3370 $cm^{-1}$ environ une zone d'intensité faible passant de façon continue à une bande d'intensité moyenne s'étendant de 3370 à 3485 $cm^{-1}$ environ. Cette dernière a déjà été obtenue par Dadieu et Kohlrausch (³) qui ont noté, se superposant à une raie du mercure, un noircissement large et diffus qu'ils ont interprété comme une raie Raman de fréquence 3420 $cm^{-1}$ provenant de la vibration interne du groupe non polaire OH. Dans un travail antérieur (⁴) l'un de nous n'avait pas réussi à observer cette bande (3215 à 3485 $cm^{-1}$) faute d'avoir réuni

(¹) Séance du 26 décembre 1933.

(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1221.

(³) *Naturwissenschaften*, 19, 1931, p. 690.

(⁴) Médard et Volkringer, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 833.

toutes les précautions, énoncées plus haut, favorables à son excitation et à son enregistrement.

Dans les spectres de solutions de nitrate d'ammonium dans l'acide nitrique, on observe aussi une bande vers 3300 $cm^{-1}$ ; mais à mesure que la teneur en $NO^3NH^4$ croît, la bande, d'une part perd sa dissymétrie et d'autre part voit son maximum se déplacer vers les courtes longueurs d'onde; dans les solutions saturées en $NO^3NH^4$, la bande se situe, comme il a été déjà signalé, entre 3100 et 3300 $cm^{-1}$.

L'étude des solutions de nitrate de potassium dans l'acide nitrique montre des modifications de la bande analogues à celles observées dans les solutions nitriques de $NO^3NH^4$; toutefois les clichés sont moins nets, car il ne nous a pas été possible d'obtenir de solution nitrique de $NO^3K$ ne présentant pas d'absorption gênante dans le violet.

Nous signalerons enfin que l'effet Raman de ces mélanges binaires $NO^3H - NO^3K$ donne en ce qui concerne les raies, autres que la bande vers 3300 $cm^{-1}$, des résultats tout à fait parallèles à ceux obtenus avec les mélanges $NO^3H - NO^3NH^4$. C'est ainsi que les fréquences $n_1$ et $n_3$ de l'acide nitrique passent respectivement de 612 à 640 et de 922 à 960 $cm^{-1}$ quand la teneur en $NO^3K$ varie de 0 à 49 pour 100. Les trois fréquences caractéristiques provenant de $NO^3K$ ont pour valeur dans la solution nitrique saturée : 732, 1053 et 1352 $cm^{-1}$; la première et la dernière donnent naissance à des raies voisines, mais *non superposées* aux raies produites par les fréquences $n_2$ et $n_6$ de l'acide nitrique. Ceci vient renforcer les conclusions énoncées à la suite de l'étude des spectres Raman des mélanges $NO^3H - NO^3NH^4$.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *Spectres de quelques alcools acétyléniques.* Note (¹) de M^lle **B. Grédy**, présentée par M. C. Matignon.

Dans deux précédentes Notes (²), j'ai étudié l'influence des substitutions hydrocarbonées sur les raies caractéristiques de la triple liaison. Tous les carbures acétyléniques bisubstitués que j'ai ainsi préparés présentent deux raies dans la région 2200, 2300 $cm^{-1}$.

J'ai voulu vérifier si l'on obtenait des résultats semblables en remplaçant

---

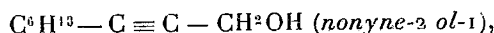
(¹) Séance du 26 décembre 1933.

(²) Grédy, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1119; **197**, 1933, p. 327.

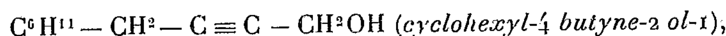
les radicaux hydrocarbonés par des radicaux contenant une fonction alcool. J'ai donc préparé les quatre alcools primaires et les quatre alcools secondaires suivants et j'en ai fait les spectres. Voici les résultats obtenus :


$C^5H^{11}-C\equiv C-CH^2OH$ (*octyne*-2 *ol*-1)

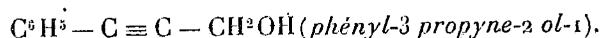
145 (f), 353 (b. l. m), 803 (af), 842 (m), 893 ± 7 (b. fl.), 971 (f. fl.) 1020 ± 12 (b. m.), 1064 (aF), 1110 (aF), 1141 (f), 1304 (aF), 1332 (aF), 1443 ± 13 (b. F), **2226** (F), **2290** (F), 2853 (m), 2875 (m), 2907 (F. l.), 2943 (m), 2966 (af),


$C^6H^{13}-C\equiv C-CH^2OH$ (*nonyne*-2 *ol*-1),

145 (f), 352 (b. l. m.), 392 (f), 1017 (m. l.), 1075 (b. f.), 1114 (m), 1305 (m), 1331 (m), 1443 ± 12 (b. F.), **2227** (F), **2289** (m), 2858 (m), 2876 (m), 2910 (TF. l.), 2966 (m).


$C^6H^{11}-CH^2-C\equiv C-CH^2OH$ (*cyclohexyl*-4 *butyne*-2 *ol*-1),

170 (f), 235 (ttf), 290 (f. fl.), 338 ± 2 (b. fl.), 367 (m), 448 ± 3 (tf), 778 (aF), 791 (f), 844 (af), 934 (tf), 959 (tf), 1032 (aF), 1064 (m), 1068(f), 1080 (m), 1129 (af), 1141 (f), 1175 (m), 1201 (f), 1226 (m), 1251 (m), 1267 (m), 1281 (af), 1327 (m), 1350 (m), 1367 (af), 1445 (F), **2228** (F), **2290** (F), 2848 (TF), 2893 (m), 2920 (TF), 2940 (TF)..


$C^6H^5-C\equiv C-CH^2OH$ (*phényl*-3 *propyne*-2 *ol*-1).

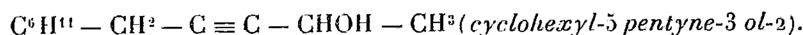
147 (f), 273 (f. fl.), 380 (m), 473 (f), 509 (f), 527 (m), 572 (f), 623 (m), 715 (f), 740 (af), 899 (tf), 946 (f), 957 (f), 1001 (F), 1027 (m. fl.), 1160 (m), 1179 (m), 1260 (F), 1480 (b. f.), 1492 (m), 1601 (TF). **2196** (af. fl.), **2239** (TF. l.), 3062 (m. l.).


$C^5H^{11}-C\equiv C-CHOH-CH^3$ (*nonyne*-3 *ol*-2).

145 (f). 200 (b. f, fl.), 320 ± 10 (b. af), 401 (b. tf. t fl.), 531 (m), 840 (m), 880 (af. l.), 931 (af), 966 (f. fl.), 994 (f), 1024 (af), 1061 ± 10 (b. m.), 1110 (aF), 1219 (f), 1269 (f), 1304 (m), 1330 (m), 1441 ± 10 (b. F), **2250** (F. l.), **2312** (tf), 2806 (f. fl.), 2871 (m), 2910 ± 20 (b. TF), 2982 (m).


$C^6H^{13}-C\equiv C-CHOH-CH^3$ (*décyne*-3 *ol*-2).

144 (f). 325 ± 8 (b. fl. af), 397 (f, fl.), 533 (af), 578 (tf), 888 (m. l.), 950 (f), 1010 (f), 1077 (m. l.), 1115 (af), 1162 (tf), 1303 (m), 1332 (m), 1446 ± 10 (b. F), **2250** (TF), **2310** (tf), 2870 (F), 2910 ± 20 (TF), 2982 (m).


$C^6H^{11}-CH^2-C\equiv C-CHOH-CH^3$ (*cyclohexyl*-5 *pentyne*-3 *ol*-2).

176 (f), 325 (b. l. af), 363 (f), 444 (f. fl.), 531 (af), 781 (m), 790 (af), 844 (m), 888 (f), 901 (f). 936 (f), 977 (tf), 1003 (tf), 1034 (aF), 1054 (m), 1081 (aF), 1132 (f), 1176 (af), 1203 (f), 1253 (m), 1269 (m), 1283 (af), 1328 (af), 1351 (f), 1368 (f), 1445 (F), **2250** (F), **2314** (ttf), 2799 (tf), 2851 (TF), 2893 (m), 2928 ± 5 (TF), 2983 (m).


$C^6H^5 - C \equiv C - CHOH - CH^3$ (*phényl-4 butyne-3 ol-2*).

184 (b. l. fl.), 363 (b. fl. f.), 463 (f), 489 (f), 523 (f), 550 (m), 583 (f), 623 (af), 707 (tf. fl.), 760 (m), 852 (af. fl.), 939 (m. l.), 1000 (F), 1028 (f), 1077 (f. fl.), 1110 (b. af), 1159 (m), 1177 (m), 1258 (mF. l.), 1485 (f), 1491 (af), 1601 (TF), 2233 (TF) 2936 (l. fl. f.), 2983 (f. b. fl.), 3062 (m. l.).

*Conclusions.* — 1° La présence d'un radical $-CH^2OH$ à côté de la triple liaison ne fait pas varier sensiblement les deux fréquences caractéristiques et l'on trouve les mêmes nombres que pour les carbures de formule $R - C \equiv C - R'$ (R et R' étant différents de $CH^3$).

2° Une fonction alcool secondaire ($-CHOH-CH^3$) modifie, au contraire, complètement l'aspect du spectre. La fréquence de la première raie est augmentée de 20 à 25 $cm^{-1}$ et la seconde raie (déplacée également) disparaît presque totalement.

3° Comme dans le cas des carbures, l'influence du radical $C^6H^5$ se fait sentir par une modification importante des fréquences acétyléniques.

*Note.* — Parmi les alcools étudiés, trois n'avaient jamais été décrits, et un quatrième, obtenu seulement impur par Moureu, ne l'avait été qu'incomplètement (¹).

Je les ai préparés par action du trioxyméthylène (alcools primaires) ou de l'aldéhyde éthylique (alcools secondaires) sur le magnésien de l'acétylénique correspondant.

Voici leurs constantes :

$C^5H^{11} - C \equiv C - CHOH - CH^3$ (incomplètement décrit par Moureu) :

Eb $= 100°$ sous $16^{mm}$; $n_D^{23} = 1,4500$; $d_{23} = 0,867$;
$R_M$ tr. $= 43,37$; $R_M$ th. $= 43,285$.

$C^6H^{13} - C \equiv C - CHOH - CH^3$ :

Eb. $= 110°-112°$ sous $16^{mm}$; $n_D^{22} = 1,4529$; $d_{22} = 0,868$;
$R_M$ tr. $= 47,93$; $R_M$ th. $= 47,903$.

$C^6H^{11} - CH^2 - C \equiv C - CHOH - CH^3$ :

Eb $= 133°$ sous $17^{mm}$; $n_D^{22} = 1,4844$; $d_{22} = 0,936$;
$R_M$ tr. $= 50,68$; $R_M$ th. $= 50,321$.

$C^6H^{11} - CH^2 - C \equiv C - CH^2OH$ :

Eb $= 134°$ sous $17^{mm}$; $n_D^{21} = 1,4928$; $d_{22} = 0,959$;
$R_M$ tr. $= 46,02$; $R_M$ th. $= 45,70$.

(¹) Moureu, *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, 33, 1905, p. 155.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hydrates du sulfate de nickel.* Note [1] de MM. **André Chrétien** et **Raymond Rohmer**, présentée par M. Georges Urbain.

En plus de l'hydrate $SO^4Ni, 7H^2O$ et des deux variétés de l'hydrate $SO^4Ni, 6H^2O$ qui sont usuels, on signale dans la bibliographie des composés renfermant 4, 2 et 1 mol/g d'eau pour 1 mol/g de $SO^4Ni$. A dire vrai, il est difficile d'affirmer que les hydrates à 4, 2 et 1 $H^2O$ aient été isolés. Les deux premiers n'auraient été obtenus qu'une seule fois; de plus, aucune indication n'est donnée au sujet de la préparation de ces composés. Enfin, les données de solubilité se rapportent exclusivement aux trois hydrates usuels et sont d'ailleurs incohérentes.

Nous avons fait une étude du système $SO^4Ni$-$H^2O$ dans tout l'intervalle de température accessible sous la pression atmosphérique. Le diagramme obtenu comporte neuf branches de courbe correspondant respectivement à la glace, et à huit hydrates : $SO^4Ni, 7H^2O$ (EF), $6H^2O\alpha$ (FG), $6H^2O\beta$ (G*f*), $5H^2O$ (L*e*), $4H^2O$ (K*d*), $3H^2O$ (J*c*), $2H^2O$ (I*b*), $1H^2O$ (H a). Au-dessus de 84°,8, une seule phase solide est stable : le monohydrate. Voici les caractéristiques des huit équilibres en présence de deux solides :

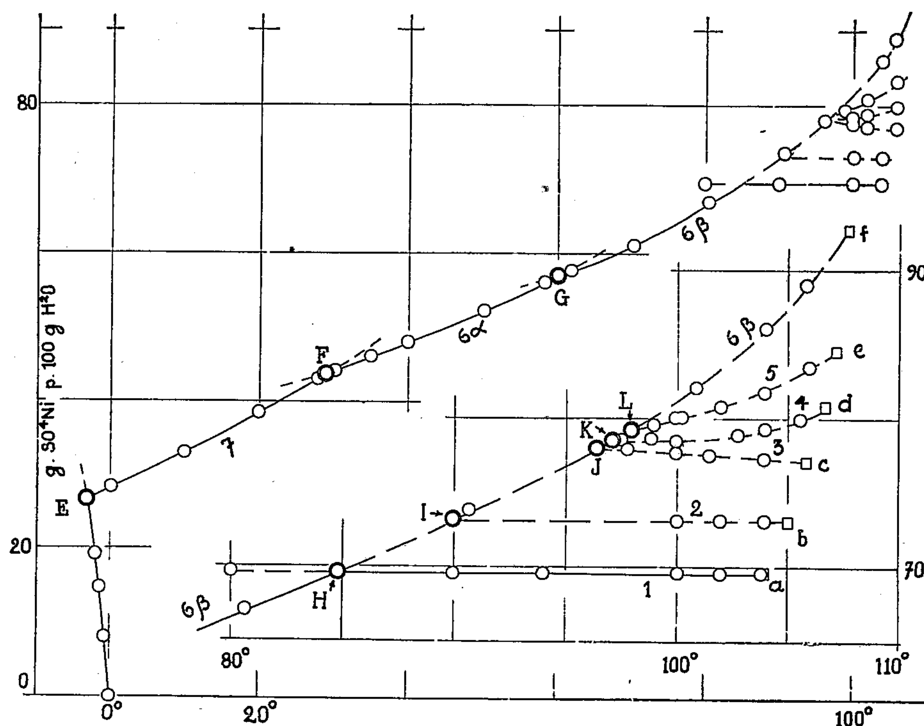
| Solides coexistants. | Point. | Température. | $SO^4Ni$ (g. pour 100g de $H^2O$). |
|---|---|---|---|
| Glace — $SO^4Ni. 7H^2O$..... | E | — 3°,15 | 26,2 |
| $SO^4Ni, 7H^2O$ — $SO^4Ni, 6H^2O\alpha$.... | F | 29,1 | 43,7 |
| $SO^4Ni, 6H^2O\beta$ — $SO^4Ni, 6H^2O\alpha$.... | G | 60,3 | 57,0 |
| $SO^4Ni, 6H^2O\beta$ — $SO^4Ni, 5H^2O$..... | L | 98 | 79,2 (¹) |
| $SO^4Ni, 6H^2O\beta$ — $SO^4Ni, 4H^2O$..... | K | 97,2 | 78,5 (¹) |
| $SO^4Ni, 6H^2O\beta$ — $SO^4Ni, 3H^2O$..... | J | 96,4 | 78,0 (¹) |
| $SO^4Ni, 6H^2O\beta$ — $SO^4Ni, 2H^2O$..... | I | 90,3 | 73,1 (¹) |
| $SO^4Ni, 6H^2O\beta$ — $SO^4Ni, 1H^2O$..... | H | 84,8 | 69,0 |

*Nota.* — (¹) Équilibre métastable.

La partie de ce travail relative aux températures élevées a présenté des difficultés considérables en raison de la lenteur avec laquelle les équilibres se sont établis, et aussi de la tenacité extraordinaire des équilibres métastables. On remarque d'ailleurs que les phénomènes se compliquent par la

(¹) Séance du 18 décembre 1933.

variété des phases solides possibles dans un intervalle de température relativement petit, au-dessus de 84°,8. Ainsi, pour atteindre un équilibre en présence du monohydrate, il a été nécessaire de passer par tous les hydrates supérieurs successivement. En effet, l'addition d'un germe du monohydrate, à une solution sursaturée, en équilibre métastable ou non en équilibre, ne




permet pas d'atteindre directement l'équilibre en présence du monohydrate, seule phase solide stable cependant. Chaque point déterminant la branche du monohydrate a nécessité une durée d'agitation (1000 tours par minute) de cinq semaines au moins. La solubilité du trihydrate diminue légèrement quand la température s'élève; celle du dihydrate et celle du monohydrate sont pratiquement invariables. Les équilibres métastables en présence de chacun des hydrates à 4 et $2H^2O$ sont les plus tenaces. Les systèmes correspondants peuvent être agités pendant toute une semaine sans que la composition de la solution varie. Le tétrahydrate s'obtient par contre facilement, ainsi que le dihydrate. Au contraire, certaines précautions sont à prendre pour atteindre les équilibres en présence de l'hydrate à $5H^2O$, et de l'hydrate à $6H^2O$.

Les équilibres métastables subsistent malgré une vive ébullition. Nous avons observé dans chaque cas un palier de température de durée plus ou moins longue suivant le solide à saturation. Sous pression constante, six paliers successifs ont été obtenus en partant de la solution saturée de l'hexahydrate. Ce fait curieux établit la suite de transformations :

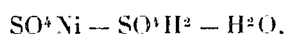


$$SO^4Ni, 6H^2O \rightarrow 5H^2O \rightarrow 4H^2O \rightarrow 3H^2O \rightarrow 2H^2O \rightarrow 1H^2O.$$

Dans la figure, chaque branche est limitée par le point d'ébullition normal de la solution saturée correspondante. Les températures respectives des paliers sont :

107°,7, 107°,2, 106°,6, 105°,9, 105°,1, 103°,9.

La composition des phases solides a été déterminée par analyse indirecte en appliquant la méthode des restes au système ternaire



$$SO^4Ni - SO^4H^2 - H^2O,$$

étudié à différentes températures de 90° à 25°. L'addition d'acide sulfurique à une solution de sulfate de nickel permet d'obtenir facilement le monohydrate, ou même le sel anhydre, dès la température ordinaire. Mais, comme en présence d'eau seulement, les équilibres s'établissent très lentement.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle méthode de microdosage de l'alcool méthylique en présence de quantités importantes d'alcools homologues.* Note [1] de M. **Michel Flanzy**, transmise par M. Paul Sabatier.

On ne dispose que de méthodes colorimétriques pour déterminer de petites quantités d'alcool méthylique en présence de doses importantes d'autres alcools. Ces méthodes sont toutes plus ou moins infidèles ou défectueuses [2].

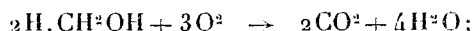
La méthode de dosage suivante, d'une précision extrême, s'applique aux milieux les plus variés dans lesquels le rapport alc. méthyl./alc. homol. peut être de l'ordre de 1/1000$^e$. Elle est basée : 1° sur la transformation des alcools primaires en iodures correspondants et leur régénération ultérieure

(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) L. Semichon et M. Flanzy, *Annales Falsifications et Fraudes*, 24, 1931, p. 80.

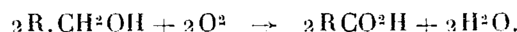
sous l'effet d'une solution aqueuse d'acétate d'argent : on détermine ainsi l'indice d'ioduration P; 2° sur l'oxydation à froid des alcools régénérés : on obtient l'indice d'oxydation $p$; 3° sur l'établissement d'une relation algébrique entre l'indice d'ioduration et l'indice d'oxydation.

L'ioduration est monomoléculaire et ne différencie pas les divers alcools normaux primaires. Mais l'alcool méthylique a, dans des conditions opératoires bien déterminées, une oxydabilité différente de celles de l'alcool éthylique et de ses homologues ([1]). Le premier s'oxyde suivant la réaction



$$2H.CH^2OH + 3O^2 \rightarrow 2CO^2 + 4H^2O;$$

les autres sont transformés en acides correspondants :



$$2R.CH^2OH + 2O^2 \rightarrow 2RCO^2H + 2H^2O.$$

Les homologues de l'alcool éthylique, se comportant exactement comme ce dernier, peuvent être exprimés en alcool éthylique. Ils sont d'ailleurs finalement éliminés du milieu analysé.

Soient $x$ le poids de l'alcool méthylique, $y$ celui de l'alcool éthylique, contenus dans la solution analysée; P le poids d'iodure d'argent recueilli et $p$ la quantité d'oxygène consommée; les poids moléculaires de $H.CH^2OH$, $CH^3CH^2OH$, AgI, $O^2$ étant respectivement 32, 46, 234,8; 32; on peut écrire :

$$234,8\ (\text{p. m. de AgI}) \times \frac{x}{32\ (\text{p. m. de } CH^3OH)} + 234,8 \times \frac{y}{46\ (\text{p. m. de } C^2H^5OH)} = P,$$

$$48\ (\text{qu. d'oxygène cons. par 1 mol. de } CH^3OH) \times \frac{x}{32\ (\text{p. m. } CH^3OH)}$$

$$+ 32\ (\text{qu. d'oxygène cons. par 1 mol. } C^2H^5OH) \times \frac{y}{46\ (\text{p. m. } C^2H^5OH)} = p.$$

D'où

$$x = 2 \times 32 \left( \frac{p}{32} - \frac{P}{234,8} \right) \quad \text{et} \quad y = 3 \times 46 \left( \frac{P}{234,8} - \frac{p}{48} \right).$$

L'oxydation s'effectuant sur la solution aqueuse des alcools régénérés, les indices $p$ et P sont bien comparables. On opère à froid; à chaud, on pourrait avoir, en dehors de pertes par volatilisation, deux causes d'erreur, non négligeables en microanalyse : 1° réduction de traces d'acide chromique lors de l'oxydation chromique; 2° modification profonde du sens de la

---

([1]) L. SEMICHON et M. FLANZY, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 254.

réaction pour des traces de $CH^3CH^2OH$, avec formation initiale de HCOH et finale de $CO^2$ et $H^2O$.

L'ioduration est effectuée dans un appareil Zeisel-Fanto (1) à 105° C. avec des variations de ± 5°; le flacon laveur renferme du $CO^3Ca$ et les iodures sont recueillis dans une solution aqueuse d'acétate d'argent. Les températures de l'eau du réfrigérant et du flacon laveur sont maintenues respectivement à 43° et 50°; la cadence du courant de $CO^2$ est de 30 bulles par minute et la durée d'entraînement 1 heure 15 minutes. Dans ces conditions les iodures alcooliques subissent une distillation fractionnée : $CH^3I$ passe en totalité dans la fiole à acétate d'argent, $C^2H^5I$ partiellement. Les autres iodures ne distillent pas. L'ioduration terminée, la fiole où se poursuit la double décomposition entre les iodures alcooliques et l'acétate d'argent est adaptée à un appareil distillatoire approprié. Après 2 heures la décomposition des iodures de méthyle et d'éthyle est intégrale; la distillation est alors effectuée; le distillat est recueilli dans une fiole jaugée de $50^{cm^3}$.

*Détermination de l'indice p.* — $5^{cm^3}$ de ce distillat sont versés dans $10^{cm^3}$ du mélange chromique renfermant $20^{mg}$ de $Cr^2O^7K^2$ et $5^{cm^3}$ de $SO^4H^2$ de $d = 66°$B. Après 15 heures de contact à froid, les réactions d'oxydation signalées plus haut sont totales. L'excès d'acide chromique est titré par iodométrie avec $5^{cm^3}$ d'une solution de KI à 2,5 pour 100 et d'une solution de thiosulfate $n/50$ en présence de $1^{cm^3}$ d'une solution d'amidon à 1 pour 100. Les mêmes opérations sont répétées sur $10^{cm^3}$ du mélange chromique dans des conditions de dilution et de durée identiques. Des deux résultats, on déduit la quantité d'oxygène correspondant à l'oxydation des $50^{cm^3}$ du distillat. Cette quantité est l'indice d'oxydation et le facteur $p$ de nos équations.

*Détermination de l'indice* P. — Le résidu de la fiole aux sels d'argent est repris par de l'eau nitrique et mis à bouillir jusqu'à ce que le précipité d'iodure d'argent soit jaune serin. Il est recueilli sur un creuset filtrant, lavé, séché et pesé à 1/10e de milligramme près. Ce poids est l'indice d'ioduration et le facteur P de nos équations.

Dans les solutions synthétiques où le rapport alcool méthylique/alcool éthylique est voisin de 1/100e l'erreur relative est voisine de 0,5 pour 100. Quand ce rapport atteint 1/1000e et 1/2000e cette erreur varie de 5 à 10 pour 100. Dans une solution renfermant $100^{mg}$ de $CH^3OH$ et $50^g$ de $C^2H^5OH$ nous avons dosé $96^{mg}$ de $CH^3OH$.

---

(1) *Fresenius-Zeitschrift für analytische Chemie*, **42**, 1903, p. 549.

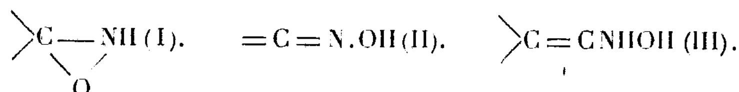
Pour doser la totalité de l'alcool éthylique contenu dans la solution initiale il suffirait de porter les températures de l'eau du réfrigérant et du flacon laveur respectivement à 65° et 70°.

Cette méthode, à la fois sensible et exacte, permet de constater l'extrême diffusion dans la nature de l'alcool méthylique; en particulier sa présence constante dans tous les liquides fermentés, contrairement à l'opinion actuelle. Ces premiers résultats, qui constituent les bases d'un travail de thèse en cours, soulignent tout l'intérêt de la nouvelle méthode.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Couleur et structure d'oximes aromatiques.* Note (¹) de Mme **Ramart-Lucas**, présentée par M. G. Urbain.

La détermination de l'absorption dans l'U. V. d'oximes de séries différentes m'avait permis, avec Mme Grumez (²) et avec Mme Bruzeau (³), de montrer que ces substances peuvent prendre des formes dans lesquelles le groupe fonctionnel est différent. D'après l'analyse spectrale, l'une de ces formes ne contient, dans la fonction oxime, que des atomes saturés (forme transparente). Nous avons attribué à cette forme la strucrure isooxime (I) (Beckmann). L'autre forme contient un groupe non saturé (« forme absorbante »).

Si le ou les carbones voisins de celui qui est lié à N ne portent aucun H, la fonction de la forme « absorbante » ne peut avoir que la fonction oxime (II), dans tous les autres cas, on peut, au lieu de cette structure, envisager la forme tautomère hydroxylamine éthylénique (III) (Mme Raikowa). Les formes (II) et (III) admettant l'existence de stéréoisomères syn et anti.




Comme nous ne connaissions par l'influence qu'exerce du point de vue spectral la présence, dans une molécule, des groupes (II) et (III) et qu'aucune raison de structure ne s'oppose à ce que les oximes «absorbantes» étudiées par nous contiennent l'un ou l'autre de ces groupes, nous n'avions pu préciser leur formules.

(¹) Séance du 18 décembre 1933.

(²) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 14 et 753.

(³) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 136.

J'ai pu établir la structure de la forme absorbante des oximes aromatiques en étudiant la « couleur » que communique à une molécule la présence du groupe (II) lorsqu'il se trouve au voisinage de certains chromophores. Pour cela, j'ai mesuré l'absorption d'aldoximes et de cétoximes dont la forme absorbante ne peut avoir que la structure oxime (II) : oximes du pipéronal, de la vanilline, de l'orthovanilline, de la tolylphénylcétone, de l'anisylphénylcétone, des aldéhydes benzoïque, anisique, salicylique.

J'ai constaté, au cours de ces déterminations qu'il existe une grande analogie de couleur entre un oxime et le dérivé éthylénique que l'on obtiendrait en remplaçant le groupe $=N.OH$ de cette oxime, par le groupe $=CH^2$ ou $=CH.CH^3$ (l'influence de ces deux groupes est à peu près la même). Si, en effet, on compare une oxime $Ar.CH=N.OH$ et le carbure éthylénique de même structure $Ar.CH=CH^2$ (ou $Ar.CH=CH.CH^3$), on constate que :

1° La forme de leurs spectres d'absorption est sensiblement la même.

2° Les positions des bandes d'absorption différent en général très peu (signalons toutefois que pour l'orthovanilline-oxime qui possède un groupe OH en ortho vis-à-vis de la fonction oxime, la différence des positions est notable).

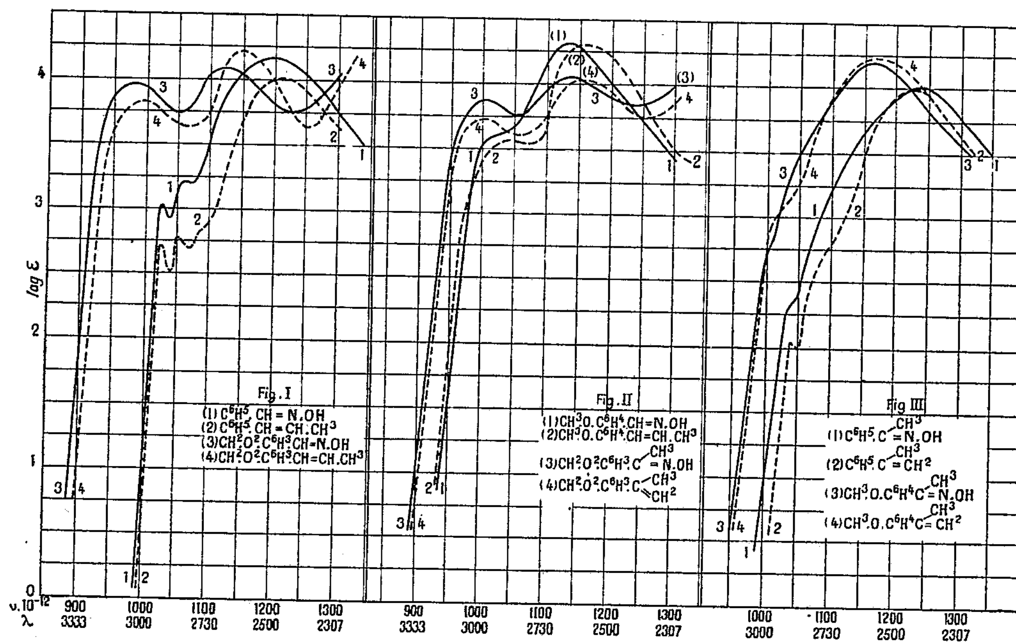
3° Le changement de spectre, quand on passe de l'oxime au dérivé éthylénique, se traduit surtout par une diminution des coefficients d'absorption.

Je donne à titre d'exemple (*fig.* I) les courbes de la benzaldoxime et de l'isoallylbenzène, de la pipéronaldoxime et de l'isosafrol et (*fig.* II) les courbes de l'anisaldoxime et de l'isosafrol.

Ce parallélisme entre la couleur des oximes $Ar.CH=N.OH$, et celle des carbures éthyléniques $Ar.CH=CH.CH^3$, lorsque les groupes fonctionnels sont liés à certains chromophores Ar, se poursuit dans le cas où l'on modifie ces groupes en remplaçant l'hydrogène situé en $\alpha$ vis-à-vis de Ar par des radicaux alcoyles ou aryles.

Si en effet on examine d'une part le spectre d'un styrolène $Ar.CH=CH^2$ et celui d'un de ses dérivés $\alpha$ substitués ${}^{Ar}_{R}\!\!>C=CH^2$, et d'autre part le spectre d'un oxime $Ar.CH=N.OH$ et celui du dérivé $\alpha$ substitué correspondant ${}^{Ar}_{R}\!\!>C=N.OH$ (R étant un radical gras ou aromatique), le changement d'absorption, quand on passe du dérivé non substitué au dérivé $\alpha$ substitué, a tout à fait la même allure, ainsi qu'on peut le voir en comparant, sur les figures, les courbes de l'isoallylbenzène et de l'$\alpha$-mé-

thylstyrolène avec celles de la benzaldoxime et de l'acétophénone-oxime; les courbes de l'anéthol et l'α-méthylanéthol avec celles de l'anisaldoxime et celle de l'anisylméthylcétoxime; enfin les courbes de l'isosafrol et de l'α-méthylisosafrol avec celles de la pipéronaldoxime et de la méthylpipéronylcétoxime [je montrerai que les alcoylarylcétoximes possèdent bien la structure, (II)].




La connaissance de l'influence qu'exerce du point de vue spectral la fonction oxime $\rangle C = N.OH$, lorsqu'elle se trouve au voisinage de certains chromophores, m'a en fait permis d'etablir la structure des oximes correspondant aux cétones : Ar.CO.R (où $R = CH^3$, $C^2H^5$, $C^3H^7$, ... et $Ar = C^6H^5$, $CH^3.O.C^6H^4$, $CH^2.O^2.C^6H^3$); $C^6H^5.CH^2.CO^2C^2H^5$; $(C^6H^5)^2.CH.CO.C^6H^5$; $C^6H^5.CH^2.CO.Ar$ (où $Ar = C^6H^5$, $CH^3.O.C^6H^4$).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés chlorés du paraxylène.* Note [1] de M. **Henri Wahl**, présentée par M. C. Matignon.

J'ai montré, précédemment [2] que la nitration du chloro-*p*-xylène fournit un mélange de dérivés mononitrés dont le produit principal, le diméthyl-1.4-chloro-2-nitro-5-benzène (nitré A), peut être isolé à l'état cristallisé, tandis que les isomères forment un liquide d'où la distillation frationnée ne permet pas de séparer des corps d'une homogénéité certaine. La réduction de cette partie liquide m'a, au contraire, permis d'isoler une amine (amine B), différente de celle que fournit le nitrochloro-*p*-xylène (amine A) et différente aussi de la diméthyl-1.4-chloro-2-amino-3-benzène (amine C), dont j'ai décrit la synthèse. Ces différences assignent nécessairement, à l'amine B, la constitution d'une *diméthyl-1.4-chloro-2-amino-6-benzène* qui est le seul troisième isomère possible. J'ai pensé cependant que ce fait devait être démontré d'une manière directe et c'est pourquoi j'ai réalisé la synthèse de cette amine par une voie ne laissant aucun doute sur sa constitution.

J'ai préparé, dans ce but, le diméthyl-1.4-amino-2-nitro-6-benzène par la méthode de Sohn [3] mise au point par Stephenson et Robertson [4]. Cette méthode consiste à dinitrer l'acétyl-*p*-xylidine en diméthyl-1.4-dinitro-2.6-acétylamino-3-benzène, à hydrolyser le groupe acétyle puis à éliminer le groupe $NH^2$ par diazotation et ébullition avec l'alcool. Le dinitro-*p*-xylène ainsi obtenu est réduit partiellement par le disulfure de sodium en diméthyl-1.4-amino-2-nitro-6-benzène. Enfin la réaction classique de Sandmeyer transforme cette amine en dérivé chloré correspondant. *Le diméthyl-1.4-chloro-2-nitro-6-benzène* (nitré B) ainsi obtenu cristallise dans l'alcool méthylique en grosses aiguilles jaune pâle. $F = 36°$. Éb. $16^{mm} = 133\text{-}135°$.

*Analyse.* — Trouvé pour 100 : C, 51,79; H, 4,5; Cl, 18,85; N, 7,61. Calculé pour 100 : C, 51,75; H, 4,31; Cl, 19,16; N, 7,56.

---

(1) Séance du 26 décembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1330.

(3) *Ber. d. chem. Ges.*, 49, 1, 1916, p. 621.

(4) Robertson et Stephenson, *J. chem. Soc.*, 321, 1930, p. 314.

La réduction par Fe et HCl conduit au *diméthyl-1.4-chloro-2-amino-6-benzène*, aiguilles blanches F = 40°.

Cette amine est effectivement identique avec l'amine B, isolée précédemment.

Il en résulte que la réduction des dérivés nitrés du chloro-*p*-xylène m'a fourni deux amines dont l'une correspond au dérivé dans lequel le groupe nitré est entré en para par rapport au chlore (nitré A), et l'autre au dérivé dans lequel le groupe nitré s'est placé en méta (nitré B). Or, en général, c'est l'isomère ortho qui accompagne le dérivé para et il était assez peu vraisemblable que, dans le cas du chloro-*p*-xylène, l'isomère ortho (nitré C) fît entièrement défaut.

Ayant effectué la synthèse de l'amine C, qui correspond à ce dérivé nitré, la connaissance de ses propriétés en rendît la recherche plus facile et j'ai pu, effectivement, l'isoler du mélange de deux façons différentes.

L'huile renfermant le mélange des nitrochloroxylènes est soumise à la réduction par le fer et HCl. Le produit réduit, refroidi vers 0° pendant une nuit, laisse déposer des paillettes blanches F = 92° constituées par l'amine A. Lorsque la congélation ne permet plus d'extraire cette base, on transforme l'huile restante en chlorhydrate et par la méthode déjà décrite, on sépare un sel peu soluble dont la décomposition fournit le diméthyl-1.4-chloro-2-amino-6-benzène (amine B). Les eaux mères de cristallisation de ce chlorhydrate, décomposées à leur tour par un alcali fournissent des aiguilles blanches F = 41° qui, elles, sont identiques avec le diméthyl-1.4-chloro-2-amino-3-benzène (amine C), obtenu par synthèse. Cette identité est démontrée par les points de fusion des dérivés acétylés, benzoylés ainsi que des picrates. D'autre part, la distillation fractionnée dans le vide permet également une séparation partielle des amines. Tandis que les amines A et B ne présentent qu'un écart de 1 à 2° entre leurs points d'ébullition, celui de l'amine C est inférieur d'environ 6 à 7°, ce qui peut être suffisant pour permettre une séparation. En effet il est possible, après deux tours de fractionnement avec une colonne, d'isoler dans les premières parties une certaine quantité de cristaux F = 41° d'amine C. Cette méthode est cependant plus pénible que la méthode de cristallisation fractionnée des chlorhydrates.

J'ai ainsi démontré que la nitration du chloro-*p*-xylène donne naissance aux trois isomères mononitrés possibles, dont les propriétés, et celles des amines correspondantes sont résumées dans le tableau suivant :

| | (nitré A). | (nitré B). | (nitré C). | Amines. A. | B. | C. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P. F. .......... | 77° | 36° | 56° | 92° | 40° | 41° |
| $Eb_{15}$ .......... | 139–140 | 133–134 | 135–136 | 136 | 133 | 127 |
| Dér. acétylé ... | – | – | – | 181 | 171 | 179 |
| Dér. benzoylé. . | – | – | – | 163 | 177 | 144 |
| Picrate. ....... | – | – | – | 195 | 171 | 120 |

Ni les nitrés, ni les amines correspondantes, sauf l'amine A, n'avaient encore été décrits avant ces recherches.

La composition quantitative des produits de la nitration du chloro-*p*-xylène peut s'établir approximativement par la proportion du dérivé nitré cristallisé isolé d'emblée, puis par celle des amines isolées du produit de la réduction; ces proportions correspondent sensiblement à 60 pour 100 d'isomère para-chloronitré (A), 15 pour 100 d'isomère méta-chloronitré (B) et 10 pour 100 d'isomère ortho-chloronitré (C).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une méthode de préparation synthétique des dérivés chlorométhylés des éthers-oxydes phénoliques.* Note (¹) de M. **Raymond Quelet**, transmise par M. V. Grignard.

J'ai montré (²) qu'il était facile de préparer synthétiquement les dérivés chlorométhylés du parabromoanisol et des nitro-anisols en utilisant les méthodes préconisées pour réaliser la synthèse du chlorure de benzyle et de ses homologues. Quand on veut, par contre, appliquer ces méthodes à l'anisol lui-même, on se heurte à des difficultés provenant de la très grande activité chimique du chlorure d'anisyle qui, dans les conditions où l'on opère, réagit, dès sa formation, sur l'anisol non transformé en donnant quantitativement le *p*-*p'*-diméthoxydiphénylméthane. Sommelet (³) avait déjà signalé qu'en traitant les éthers-oxydes phénoliques par l'oxyde de

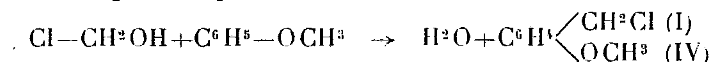
(¹) Séance du 26 décembre 1933.
(²) R. Quelet, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1411.
(³) Sommelet, *Bull. Soc. chim.*, **15**, 1914, p. 107.

méthyle monochloré, en présence de chlorure stannique, il n'est pas possible d'obtenir les dérivés chlorométhylés correspondants.

Il en est de même, en général, lorsqu'on traite ces oxydes phénoliques par les éthers de l'alcool chlorométhylique, en présence de chlorure de zinc. La réaction est moins vive, mais, avec l'anisol, les ortho et métacrésolates de méthyle, elle fournit quantitativement les diméthoxydiphénylméthanes correspondants; par contre, dans le cas du paracrésolate de méthyle, elle permet d'obtenir le chlorure cherché avec un rendement de 25 pour 100.

Il est possible, cependant, avec la plupart des méthoxybenzènes, de réaliser la préparation synthétique des chlorures de méthoxybenzyle correspondants. La méthode, dont j'ai indiqué antérieurement les premiers résultats ([1]), est une nouvelle application de la réaction utilisée par Blanc ([2]) pour introduire le groupement $CH^2Cl$ dans le noyau des carbures benzéniques. Elle consiste à saturer par le gaz chlorhydrique un mélange d'éther-oxyde phénolique, de formol et de chlorure de zinc, maintenu à une température assez basse et convenablement agité.

Le mécanisme de la réaction semble être le suivant : il se forme tout d'abord le composé instable $Cl-CH^2-OH$ qui se condense immédiatement avec l'éther phénolique :



$$Cl-CH^2OH+C^6H^5-OCH^3 \rightarrow H^2O+C^6H^4\begin{cases}CH^2Cl\ (I)\\ OCH^3\ (IV)\end{cases}$$

On observe toujours la réaction secondaire :



$$CH^3O-C^6H^4-CH^2Cl+C^6H^5-OCH^3 \rightarrow HCl+CH^3O-C^6H^4-CH^2-C^6H^4-OCH^3.$$

Pour en diminuer l'importance, il est bon d'opérer en présence d'éther de pétrole.

Le mode opératoire est le suivant : dans une fiole conique (ou ballon) à large ouverture, munie d'un agitateur efficace et placée dans un mélange réfrigérant, on introduit $200^g$ d'anisol, $100^g$ de formol à 40 pour 100, $100^{cm^3}$ d'éther de pétrole et $40^g$ de chlorure de zinc. Après avoir mis l'agitateur en marche, on fait passer dans le mélange un rapide courant d'acide chlorhydrique. La température est maintenue de 0 à 5° pendant la saturation dont la durée ne doit pas excéder 1 heure.

La solution éthérée est décantée, versée sur de la glace, lavée soigneusement à l'eau glacée, puis séchée sur du sulfate de sodium. Par distillation, sous pression réduite, on isole le chlorure d'anisyle avec un rendement de 50 pour 100 du rendement théorique par rapport à l'anisol entré en réaction.

---

([1]) R. QUELET, *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 851.

([2]) BLANC, *Bull. Soc. chim.*, 33, 1923, p. 313.

Par oxydation, ce chlorure ne donne que de l'acide paraméthoxybenzoïque; il présente les constantes suivantes : Éb. 117° sous 18$^{mm}$, $d_0 = 1,176$; $d_4^{20} = 1,159$; $n_D^{20} = 1,553$ (1).

Le phénétol, dans les mêmes conditions, fournit, avec un faible rendement, le chlorure de paraéthoxybenzyle, liquide instable. Éb. 123° sous 15$^{mm}$; $n_D^{20} = 1,536$.

Les ortho et métacrésolates de méthyle, l'éther méthylique du thymol, se traitent comme l'anisol; le second chlorure se décompose fortement à la distillation; par contre, le chlorométhyl-méthylthymol est beaucoup plus stable et s'obtient avec un rendement de 70 pour 100.

Avec l'éther méthylique du paracrésol, il faut effectuer la saturation vers 10-15° en présence d'une plus forte proportion de chlorure de zinc (rendement 75 pour 100) (2).

Les chlorures suivants ont été obtenus :

Méthoxy-4 méthyl-3 α-chlorotoluène, liquide d'une stabilité comparable à celle du chlorure d'anisyle. Éb. 119° sous 12$^{mm}$, $d_0 = 1,147$, $d_4^{20} = 1,130$, $n_D^{20} = 1,549$.

Méthoxy-4 méthyl-2 α-chlorotoluène, liquide très instable fumant à l'air. Éb. 123° sous 13$^{mm}$.

Méthoxy-2 méthyl-5 α-chlorotoluène, liquide stable. Éb. 124° sous 16$^{mm}$, $d_0 = 1,144$, $d_4^{16} = 1,128$, $d_D^{16} = 1,545$.

Méthyl-2 méthoxy-4 isopropyl-5 α-chlorotoluène ou éther chlorhydrique de l'alcool thymotinique, liquide assez stable. Éb. 148° sous 16$^{mm}$, $d_0 = 1,083$, $d_4^{16} = 1,067$, $n_D^{16} = 1,539$.

En même temps que les dérivés chlorméthylés des crésolates de méthyle, j'ai pu isoler les produits secondaires suivants :

Diméthyl-3-3′ diméthoxy-4-4′ diphénylméthane. Éb. 207-209°, sous 10$^{mm}$, aiguilles. F. 24°; diméthyl-1-2-2′ diméthoxy-4-4′ diphénylméthane. Éb. 215-216° sous 12$^{mm}$. F. 66°. Diméthyl-5-5′ diméthoxy-2-2′ diphénylméthane. Éb. 199-197° sous 10$^{mm}$, prismes. F. 55°.

Oxydés par le bichromate de sodium en solution acétique, ces produits donnent, avec de bons rendements, les benzphénones correspondantes, fondant respectivement à 115°, 73° et 82° (3).

---

(1) Peut se préparer par action de l'acide chlorhydrique sur l'alcool anisique (Cannizzaro et Bertagnini, *Lieb. Ann.*, 98, 1856, p. 191).

(2) Pour obtenir les rendements indiqués, il importe de distiller sans délai le produit de la réaction et de ne rectifier les chlorures qu'après les avoir lavés à l'eau froide et séchés rapidement sur sulfate de sodium.

(3) La première a été obtenue par méthylation de la dihydroxybenzophénone correspondante (Gomberg et Anderson, *Am. Soc.*, 47, 1925, p. 2022).

En résumé, on voit qu'il est possible de préparer directement dans de bonnes conditions, les dérivés chlorométhylés des éthers oxydes phénoliques. Conformément à la règle générale, le groupement $CH^2Cl$ s'introduit en para, par rapport à $OCH^3$, ou, à défaut, en ortho. Les chlorures ont un atome de chlore très mobile et sont, en général, peu stables, ce qui diminue les rendements et nécessite leur emploi immédiat. Cependant, ceux qui dérivent du paraméthylanisol et de l'éther méthylique du thymol s'obtiennent avec d'excellents rendements et peuvent avantageusement être utilisés comme matières premières.

GÉOLOGIE. — *Réflexions sur la formation de la Terre.* Note de M. **René Perrin**, présentée par M. de Launay.

Le globe terrestre peut être assimilé à une masse métallique entourée d'une scorie solidifiée en surface et d'une atmosphère gazeuse. Les lois qui ont présidé à sa formation sont donc les mêmes que celles qui régissent les équilibres d'un système à trois phases : métal-laitier-gaz, compte tenu des résistances passives s'opposant aux diffusions des différents éléments, résistances pouvant aller jusqu'à l'arrêt pratique des diffusions lorsque la couche externe de scorie est solide et à basse température. Il est logique de penser que la répartition des différents corps entre scorie et noyau, lors de la formation de la Terre, a été conditionnée par les lois d'un tel équilibre, c'est-à-dire avant tout par l'affinité chimique de ces corps, pour les gaz existant dans l'atmosphère et spécialement pour l'oxygène, comme dans les opérations métallurgiques habituelles. C'est ce que vérifient les faits, l'écorce terrestre connue étant pratiquement composée des oxydes du silicium, du calcium, de l'aluminium, du magnésium, etc., tous corps ayant, rapportée à la molécule d'oxygène $O^2$, une chaleur de formation élevée. Dans le même sens le C, qui réduit pratiquement à haute température tous les oxydes du fait de la volatilité et de la stabilité de CO, a été localisé dans l'atmosphère d'abord, puis dans la biosphère. En sens inverse le nickel, malgré sa grande abondance admise dans le noyau, est rare dans l'écorce (la chaleur de formation de son oxyde étant relativement faible) et le fer relativement peu abondant. La formation d'une croûte solide a conduit, par l'introduction des résistances passives, à un phénomène de faux équilibre, sans lequel l'atmosphère n'existerait plus : le noyau métallique de l'écorce, fondu et à haute température, mis en contact avec l'atmosphère, en absorberait rapidement la presque totalité de l'O, ce que

prouve la faible pression de dissociation de FeO à la température de fusion du fer.

Sans ce faux équilibre, l'oxygène nécessaire à notre vie serait absorbé par une épaisseur de moins de 1 mètre du noyau métallique, supposé à l'état de fer; autrement dit une augmentation de moins de 1 mètre de l'écorce terrestre, dont l'épaisseur admise est d'une centaine de kilomètres, aurait fixé tout l'oxygène de l'atmosphère, dont la quantité est presque négligeable par rapport à l'oxygène total de l'écorce. Le poids d'oxygène par centimètre carré d'écorce est, en effet, de $210^g$ environ, dont l'absorption nécessite une colonne de fer de $1^{cm^2}$ de base et de $90^{cm}$ de hauteur environ, Ceci amène naturellement à se poser la question : faut-il admettre la condensation d'une métallique initiale donnant progressivement naissance à la formation de scories se solidifiant ensuite pour former les roches? Il est permis de penser, d'après le peu que nous connaissons des constantes physico-chimiques à hautes températures, que la genèse de la terre a pu être entièrement différente. Dans la masse gazeuse initiale à haute température et à faible pression (la pesanteur étant intégrale de $mm'/r^2$ et les distances étant très grandes) existait l'oxygène à l'état libre en équilibre avec les différents métaux ou métalloïdes et leurs oxydes gazeux, selon les réactions régies par des lois $M \times O = k MO$, en négligeant pour l'instant l'existence de composés définis. Le premier corps déposé à l'état liquide devait donc jouir de la double caractéristique suivante :

1° Être en équilibre avec sa propre vapeur, ce qui oriente vers des corps à tensions de vapeur extrêmement faibles même aux très hautes températures;

2° Être en équilibre avec des pressions d'oxygène extrêmement basses.

Ce que nous connaissons des constantes physiques nous montre que la chaux et la magnésie ne sont pas fondues sous la pression atmosphérique à la température de volatilisation du fer, l'alumine elle-même est extrêmement réfractaire et tous ces corps, en outre, ont de très faibles tensions de dissociation d'oxygène, même à de très hautes températures. Il semble donc logique, même en tenant compte des concentrations, que les premiers corps déposés à l'état liquide aient été de tels oxydes, combinés dès le début ou ultérieurement avec l'élément acide prépondérant, la silice. En effet, la formation de composés définis dans un liquide a pour effet de diminuer très fortement la concentration des oxydes libres. Ce fait entraîne à son tour la diminution de la dissociation de ces oxydes et donc de la tension d'oxygène avec laquelle le liquide est en équilibre.

En résumé, il n'est pas absurde de penser que, en partie tout au moins, des scories ayant donné naissance ultérieurement aux roches ont été formées, à l'état liquide, avant la condensation du noyau terrestre et que la première phase, à partir de l'état gazeux, de la condensation d'un astre est la formation de scories. La composition chimique de la Terre en ses éléments étant supposée connue, le progrès des sciences physico-chimiques doit permettre d'aborder ces problèmes. Selon les proportions des différents éléments et de l'oxygène, l'oxygène de l'atmosphère, résultant d'un faux équilibre, peut subsister ou non : absorption quasi intégrale ou non avant l'intervention des résistances passives due à la solidification. Le carbone a dû jouer un rôle important, sinon prépondérant, dans cette conservation de l'oxygène, sous forme de CO d'abord, puis CO et $CO^2$ lors du refroidissement. Il est possible que certains astres composés surtout d'éléments légers (ce qui correspond dans l'échelle des corps, dans l'ensemble, à une chaleur de formation élevée des oxydes), comme la Lune, ne soient point des astres morts, mais n'aient en réalité jamais pu donner naissance à la vie, tout leur oxygène étant pratiquement fixé dans les roches, ou tout au moins n'aient pu voir se développer que des formes de vie entièrement différentes de celles de la Terre.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Spectre d'émission du ciel nocturne dans la région ultraviolette.* Note [1] de M. **J. Dufay**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le spectre du ciel nocturne près de l'horizon montre souvent, dans la région visible, un grand nombre de bandes et de raies d'émission d'intensité variable, superposées au spectre continu. Avec des appareils à prismes de flint, les spectres sont généralement limités vers 3900 Å. Sur un seul cliché, Sommer a pu enregistrer des bandes jusqu'à 3578 Å [2].

Les clichés que j'ai obtenus de 1922 à 1925 en visant près du zénith, avec un spectrographe à optique de quartz, ne montraient pour la plupart qu'un spectre continu, avec des raies d'absorption solaires [3]. Une nouvelle étude au microphotomètre enregistreur m'a permis de reconnaître

---

[1] Séance du 26 décembre 1933.

[2] L.-A, Sommer, *Zeitschrift für Physik*, 57, 1929, p. 582.

[3] *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1290; *Bull. Obs. Lyon*, 10, 1928, p. 1 à 188.

cependant sur l'un d'eux la présence de bandes d'émission jusqu'à 3115 Å. Il s'agit d'une pose relativement courte (24 heures), faite avec une fente fine, à Courbons (Basses-Alpes), du 13 au 18 septembre 1925.

On distingue sur ce cliché une douzaine de raies ou de groupes de raies solaires, parmi lesquelles F (4861 Å), G (4308 Å), *h* (4102 Å), H (3969 Å), K (3934 Å), R (3180 Å) et *s* (3101 Å).

Les longueurs d'onde des bandes d'émission sont données dans le tableau ci-contre. Leurs intensités ont été estimées, à titre d'indication, suivant une échelle arbitraire de 1 à 5. Les raies douteuses sont suivies d'un point d'interrogation.

Les raies doubles 4448-4426 Å et 4191-4179 Å ont été signalées par Slipher et Lord Rayleigh dès 1923 [1]. On retrouve aussi, dans la région visible et le début de l'ultraviolet beaucoup de raies observées depuis par Sommer [2], moi-même [3] et Ramanathan [4]. Elles sont respectivement suivies des lettre S, D et R. Les bandes trouvées par Vegard dans le spectre de l'aurore [5] sont suivies de la lettre V.

On reconnaît une trentaine de bandes de l'azote, positives et négatives ($N_2^+$ et $N_2^-$). Mais elles sont accompagnées de raies d'origine inconnue, plus nombreuses et relativement plus intenses que dans le spectre de l'aurore. Dans la région visible, les bandes sont faibles par rapport au fond continu. Mais, tandis que ce dernier s'affaiblit progressivement dans l'ultraviolet, les bandes conservent à peu près la même intensité générale tout le long du spectre. Elles deviennent ainsi prépondérantes au-dessous de 3500 Å.

Cette remarque permet de comprendre dans une certaine mesure que les variations d'intensité du spectre de bandes n'aient que relativement peu d'influence sur la brillance du ciel, mesurée en lumière totale, lorsque l'ultraviolet se trouve éliminé. Des mesures photométriques visuelles et photographiques ont été faites chaque nuit à Courbons du 13 au 18 septembre. Elles n'ont rien révélé d'anormal. La brillance du ciel au voisinage du pôle était plutôt faible à cette époque. Par contre, la lumière zodiacale était très intense.

---

(1) Lord Rayleigh, *Proceedings Royal Society*, A, **103**, 1923, p. 45.

(2) L.-A. Sommer, *loc. cit.*

(3) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1108, et **194**, 1932, p. 1897; *J. Physique*, 7e série, **4**, 1933, p. 221.

(4) K. R. Ramanathan, *Indien Journal of Physics*, **7**, 1932, p. 405.

(5) L. Vegard, *Geofysiske Publikajoner Oslo*, **9**, II, 1932, p. 1.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4815 ? | $[N_2^+]$ | 4072 (1) V | | 3579 (1) S, V | $[N_2^+, N_2^-]$ |
| 4759 (1) | | 4052 (1) S, V? | $[N_2^+?]$ | 3555 (5) | |
| 4726 (1) | $[N_2^+]$ | 4037 (2) D, R | | 3508 (1) V | $[N_2^+?]$ |
| 4700 (1) V | | 4010 (1) | | 3489 (3) | |
| 4670 (2) | $[N_2^+]$ | 3989 ? | | 3472 (4) V | $[N_2^+, N_2^-]$ |
| 4626 (1) | | 3949 (2) S, D | | 3446 ? | $[N_2^+]$ |
| 4578 (1) D | $[N_2^+?]$ | 3915 (2) S, D, V | $[N_2^-]$ | 3429 (1) V | |
| 4550 (2) S, D, R, V | $[N_2^-]$ | 3901 (1) V | | 3400 (1) | |
| 4490 (2) | | 3846 ? | | 3372 (3) V | $[N_2^-]$ |
| 4448 (1) D | | 3832 (2) | | 3336 (1) | $[N_2^+]$ |
| 4426 (5) S, D, R, V | | 3818 (2) | | 3309 (5) | $[N_2^-]$ |
| 4400 (1) | | 3806 ? S | $[N_2^+]$ | 3297 ? | $[N_2^-]$ |
| 4380 (1) D, V | | 3785 ? S | | 3284 (2) V | $[N_2^+]$ |
| 4300 (1) | | 3754 (2) S, V | $[N_2^-]$ | 3265 ? | $[N_2^+]$ |
| 4268 (2) S, D, R, V | $[N_2^+]$ | 3740 (2) S | | 3227 ? | |
| 4237 (1) S, D, V | $[N_2^-]$ | 3722 (1) S | | 3217 (2) | |
| 4200 (1) S, V | $[N_2^+, N_2^-]$ | 3706 (1) S, V? | $[N_2^-?]$ | 3167 (1) | |
| 4191 ? S | | 3675 ? S | $[N_2^+]$ | 3157 (2) V | $[N_2^-]$ |
| 4179 (2) D, R, V | | 3662 (2) S | | 3144 ? | |
| 4157 ? | | 3637 (1) S | | 3135 (1) V | $[N_2^+]$ |
| 4145 (2) D, V | $[N_2^-]$ | 3627 (2) S | | 3115 (1) | $[N_2^+]$ |
| 4098 (1) D | $[N_2^+?]$ | 3617 (1) S | | | |
| 4086 (1) D, R | | 3599 (1) S | | | |

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Une série de mesures à l'actinomètre Arago.* Note (1) de MM. **J. Coulomb** et **J. de Lagaye**, présentée par M. Ch. Maurain.

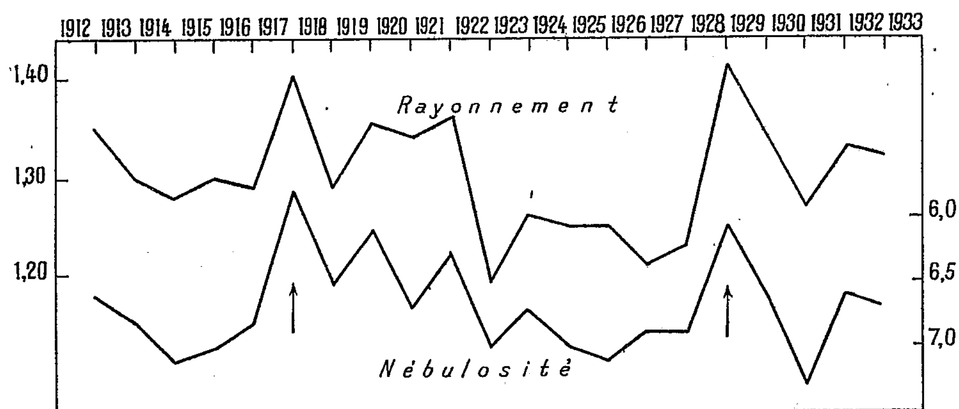
Un actinomètre Arago a été lu à $9^h$, $12^h$ et $15^h$, de 1912 à 1933, à la Côte de Landais (Clermont-Ferrand), station de la plaine de l'Observatoire du Puy-de-Dôme. M. C.-E. Brazier, ayant bien voulu se charger de son étalonnage, nous avons pu étudier cette assez longue période de mesures. La figure 1 suffit à montrer le genre de résultat auquel on peut parvenir : les moyennes annuelles (2) du rayonnement brut mesuré (exprimé en calories-gramme par seconde et par centimètre cube de sur face horizontale) et de la nébulosité (estimée de o à 10) varient en sens inverse (3)

(1) Séance du 18 décembre 1933.

(2) Les années sont comptées du 1er avril au 31 mars.

(3) Sur la figure, la nébulosité croît de haut en bas.

(leur répartition dans l'année ne présenterait plus la même loi, le rayonnement étant maximum en juillet, tandis que la nébulosité a deux minima en février et novembre). Aucune relation précise entre le rayonnement et la température n'a pu être mise en évidence. Enfin, le rayonnement présente deux maxima très nets correspondant aux deux années de maximum des taches solaires comprises dans la période considérée.




Moyennes annuelles du rayonnement et de la nébulosité à $12^h$.
Les flèches correspondent aux années de maximum des taches solaires.

Ces résultats sont nets pour les mesures de $9^h$, $12^h$ et $15^h$, qu'il s'agisse des moyennes annuelles ou des moyennes d'hiver; ils sont moins nets pour les moyennes d'été, probablement à cause des mois orageux. Les détails paraîtront dans un autre recueil.

PALÉONTOLOGIE. — *Le crâne primordial dans un Poisson triasique de Madagascar.* Note (¹) de M. **Jean Piveteau**, présentée par M. H. Douvillé.

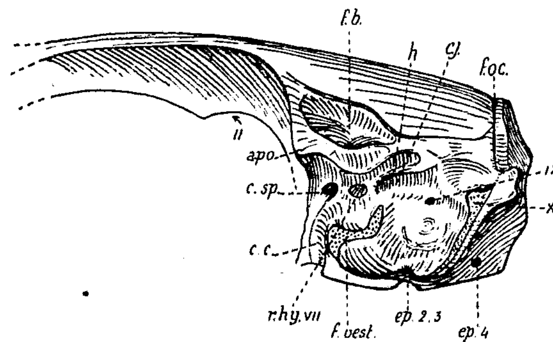
Le crâne des Vertébrés passe toujours, au cours de son développement, par un stade cartilagineux, le *crâne primordial* ou *chondrocrâne*. Sauf chez les Sélaciens, où le crâne de l'adulte reste à ce stade, il se produit en quelques points ossification directe de ce cartilage, et, partout ailleurs, sa disparition et son remplacement par un revêtement d'os dermiques.

Chez le genre *Australosomus*, poisson du Trias inférieur de Madagascar,

(¹) Séance du 26 décembre 1933.

le chondrocrâne s'ossifie complètement, en une masse continue, à laquelle viennent se surajouter, pour former une seconde voûte, les os dermiques.

Dans un tel crâne primordial, la région occipitale se trouve séparée de la capsule otique par une fissure. Celle-ci traverse toute l'épaisseur de la paroi cranienne, donnant, dans sa partie supérieure, passage au nerf vague et s'élargissant, à sa partie inférieure, en une fontanelle vestibulaire. Cette structure d'une forme adulte correspond à celle qui, dans l'embryon de quelques genres vivants (*Amia*, par exemple), marque la limite antérieure de la portion segmentée du crâne.




Crâne primordial d'*Australosomus Merlei*, Priem.

*fb*, fossa Bridjei; *h*, facette articulaire de l'hyomandibulaire; *cj*, dépression continuant le canal jugulaire; *f. oc.*, fissure occipitale; *a. po*,, apophyse postarbitaire; *c. sp.*, spiraculum; *f. vest.*, fontanelle vestibulaire; *r. hy.* VII, foramen pour la branche hyomandibulaire du facial; II, trou optique; IX, X, nerfs glossopharyngien et vague; $ep_{2,3}$, $ep_4$, artères épibranchiales.

Ainsi, chez *Australosomus* (comme dans les Paléoniscidés du Kansas si remarquablement interprétés par M. Watson, ou dans le genre *Perleidus*), on observe nettement la distinction établie, d'après l'embryogénie, par Furbringer, entre le paléocrâne non segmenté s'étendant en avant du nerf vague et le néocrâne placé en arrière, qui résulte de l'assimilation d'éléments squelettiques primitivement libres.

La région orbito-temporale d'*Australosomus*, limitée en arrière par la fissure occipitale, montre en avant une apophyse post-orbitaire bien développée.

Le prootique est percé d'un foramen donnant passage au nerf glosso-pharyngien. La facette articulaire de l'hyomandibulaire est allongée transversalement. En dessous, s'ouvre le canal jugulaire qui se continue sur la paroi du crâne primordial par une dépression contenant la veine jugulaire. La branche hyomandibulaire du nerf facial n'accompagnait pas

cette veine, mais passait par un orifice spécial, un peu comme chez le genre *Perleidus* ou certains Sélaciens. Le canal du spiraculum avait son ouverture inférieure en avant de l'orifice de sortie de la branche hyomandibulaire et débouchait, en haut, dans une dépression homologue de celle des Esturgeons (*fossa Bridgei* de M. Stensiö).

L'aorte dorsale était logée dans un simple sillon. Il n'y avait qu'une seule artère efférente pour les deuxième et troisième branchies.

Par ces particularités de l'appareil circulatoire, comme par la présence d'un foramen spécial pour la branche hyomandibulaire du nerf facial, le crâne primordial d'*Australosomus* s'éloigne de celui des Paléoniscidés du Kansas, avec lesquels il présente, pour le reste de sa structure, d'étroites analogies. Ces différences résultent de la substitution, comme organe des sens prédominant, de la vision à l'olfaction. Les caractéristiques essentielles du crâne primordial d'*Australosomus*, comme celui des Paléoniscidés, sont en rapport avec le développement de l'œil; formation d'une apophyse post-orbitaire, réduction du septum interorbitaire correspondant à un crâne tropibasique, confluence des foramens optiques. De même, la plus grande mobilité de l'œil et l'extension du champ visuel résultent de l'allongement des muscles moteurs par recul de leur extrémité postérieure, d'où développement d'un myodome ([1]), etc.

Au point de vue taxonomique, *Australosomus* se rapproche des genres *Macroœthes* du Trias moyen d'Australie, *Pholidopleurus*, du Lias d'Europe. Dans la famille ainsi constituée, il y a réduction de l'ossification du crâne primordial, du type le plus ancien au type le plus récent. Un tel fait paraît très général chez les Vertébrés primitifs. M. Stensiö l'a signalé chez les Ostracodermes, les Placodermes, les Dipneustes, M. Watson chez les Paléoniscidés.

Ainsi la Paléontologie, contrairement aux indications de l'embryologie, paraît établir que le tissu osseux est très ancien chez les Vertébrés, qu'il a dû apparaître à l'aurore de leur histoire.

En outre, la réduction de l'ossification se traduit par une segmentation s'effectuant, dans chaque groupe, d'une manière indépendante; il est alors très difficile, sinon impossible, d'homologuer les éléments osseux ainsi formés et la recherche d'un plan commun au crâne primordial des Vertébrés inférieurs semble à peu près vaine.

---

([1]) Voir le travail fondamental de M. Watson, *The structure of certain Palaeoniscids* (*Proceed. Zoological Society London*, Part 3, 1925, p. 815-870).

BOTANIQUE. — *Sur une nouvelle espèce de Laminaire de la région iberico-marocaine :* Laminaria iberica (*Hamel*) *Lami*. Note (¹) de M. **Robert Lami**, présentée par M. L. Mangin.

J. G. Agardh, en 1848, a publié la diagnose de *Laminaria pallida* Grev. mscr., Laminaire commune dans la région du Cap, caractérisée par sa lame, d'abord simple, puis divisée, cunéiforme à la base, de teinte pâle, présentant de nombreuses petites taches noirâtres. Un peu plus tard, en 1854, Le Jolis rapporte à cette espèce des échantillons récoltés aux Canaries par Despréaux et insiste sur les rapports que présente la structure du stipe de *L. pallida* avec celui de *L. Cloustonii* Edmonst. : même cercle de canaux mucifères et mêmes couches concentriques. Sous le même nom spécifique, Bornet, en 1892, indique cette Laminaire parmi les récoltes faites à Tanger par Schousboe qui la considérait comme annuelle.

Plus récemment, C. Sauvageau a rencontré à la Corogne, puis à Tarifa, une Laminaire assez analogue d'aspect à *L. flexicaulis* et, malgré l'absence de points noirâtres sur la lame, l'a rapporté à *L. pallida* à cause de la présence de canaux mucifères dans le stipe. En 1928, G. Hamel a rencontré cette Laminaire dans la région de Vigo et a créé pour elle la variété *iberica* à cause de l'absence constante de points noirâtres sur la lame.

Depuis trois années, nous avons, en automne, observé et récolté cette Laminaire sur tous les points rocheux de la côte portugaise, depuis le rio Minho, frontière espagnole, jusqu'au sud de la presqu'île d'Arrabida, nous l'avons retrouvé, sous le nom de *Hafgygia digitata* Ktz, dans les herbiers de Lisbonne et Coïmbra, et, en outre, M. Taborda Moraes nous en a adressé, en mars 1932, de Figueira da Foz, des spécimens présentant une régénération de la lame.

De la comparaison des échantillons de *Laminaria pallida* du Cap, conservés au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum, avec les échantillons de Schousboe du Maroc et ceux de la Péninsule ibérique, nous pensons devoir séparer spécifiquement, sous le nom de *Laminaria iberica* (Hamel) Lami, la Laminaire de la région iberico-marocaine de la Laminaire du Cap, *L. pallida* Grev. Outre l'absence des points noirâtres sur la lame, *L. Iberica* se distingue facilement de *L. pallida* par la base de la lame toujours cordi-

(¹) Séance du 26 décembre 1933.

forme alors que chez *L. pallida* cette base est nettement cunéiforme. L'étude comparée de ces deux Laminaires sera développée ultérieurement, mais nous donnons, ci-après, une diagnose provisoire de *Laminaria iberica*.

« Fronde jeune à la lame entière, ovale-lancéolée, à base subcordiforme de teinte uniforme olivâtre. Fronde adulte à la lame coriace, à base nettement cordiforme profondément divisée en lanières souvent étroites, de teinte brun olivâtre; au stipe cylindroconique lisse, assez rigide, aux haptères verticillés chez les vieux pieds. Stipe et lame présentant des canaux mucifères. Jeune stipe présentant un rang régulier de canaux mucifères corticaux devenant irrégulier ou même dédoublé chez le stipe adulte. Zones concentriques dans la couche intermédiaire du stipe chez les plantes âgées. Région stipo-frondale de teinte pâle, jaunâtre, sur le frais, devenant brun rougeâtre plus foncé que la lame sur les échantillons conservés à sec. Plante vivace présentant une régénération hivernale de la lame; la vieille lame demeurant quelque temps réunie à la jeune par une partie étroite. »

La répartition géographique, d'après les localités actuellement connues, comprend les Iles Canaries, le Maroc atlantique et la côte atlantique occidentale de la Péninsule ibérique : Galice, Portugal et Andalousie.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La fertilité et la stérilité de l'androcée : leurs rapports avec le polymorphisme staminal chez* Knautia arvensis *Coult.* Note de MM. **P. Lavialle** et **P. Jaeger**, présentée par M. L. Mangin.

L'avortement et la stérilité plus ou moins complets de l'androcée ne sont pas chose rare chez les Scabieuses. H. Muller a signalé, en 1873, chez *Knautia arvensis*, l'existence de capitules et pieds à fleurs hermaphrodites et de capitules et pieds à fleurs femelles (*gynodiœcie*). Cette observation a été souvent répétée depuis. Lecoq constate, de plus, l'existence chez *K. arvensis*, de pieds à fleurs uniquement mâles (*androdiœcie*); mais cette observation n'a pas été confirmée ([1]). M. Molliard a montré ([2]) que certains parasites peuvent provoquer, chez *K. arvensis* et d'autres Dipsacées, l'avortement de l'androcée.

([1]) H. Muller, *Die Befruchtung durch Insecten;* Leipzig, 1873, p. 367; Z. Szabo, *Monogr. d. Gattung Knautia Boten. Jahrb.*, 36, 1905, p. 401; H. Lecoq, *Géogr. Bot.*, 6, 1857, p. 473-477.

([2]) M. Molliard, *Cécides* (*Ann. d. Sc. Nat.*, *Botanique*, 8e série, 1, 1895, p. 74).

L'un de nous a déjà décrit (1), chez *Knautia arvensis*, quelques-unes des formes que peut revêtir l'androcée dans les fleurs; la répartition de ces fleurs sur les capitules et sur les individus. Nous compléterons, ici, cette description, et signalerons, pour chaque catégorie d'étamines et de fleurs, le degré de fertilité ou de stérilité qui lui correspond.

Étamines. — Les étamines revêtent les sept formes principales suivantes :

1° *Étamines longues, exsertes, à anthères pourvues d'une assise mécanique et déhiscentes.* — Ces étamines produisent, en général, du pollen normal à grains pleins. Cependant, leurs sacs polliniques présentent parfois des grains vides et stériles mélangés aux grains pleins.

2° *Étamines courtes, insertes, à deux anthères dépourvues d'assise mécanique et indéhiscentes.* — Ces étamines produisent, *en général*, des grains de pollen à paroi bien différenciée, mais vides et stériles (fleurs femelles). Cependant, on doit y distinguer au moins trois catégories : *a*, celles, assez rares, dont les anthères, assez grosses, produisent des grains pleins qui participent, à peu près sûrement, aux phénomènes sexuels (2); *b*, celles (ordinaires) dont les anthères, de volume très réduit, ne renforment que des grains vides stériles; *c*, celles (rares) dont les anthères ne renferment pas de grains différenciés.

3° *Étamines de longueur moyenne.* — Certaines fleurs contiennent des étamines inégales : longues, courtes et de taille intermédiaire. Cette dernière catégorie porte fréquemment des anthères déhiscentes, contenant du pollen à grains souvent pleins.

4° *Étamines partiellement pétaloïdes.* — Ces organes se présenteni sous la forme d'une lame pétaloïde, présentant au sommet, à la base, ou latéralement, des sacs polliniques plus ou moins réduits, contenant souvent des grains pleins d'apparence normale.

5° *Étamines entièrement pétaloïdes.* — L'étamine est remplacée complètement, ici, par une lame pétaloïde large, absolument dépourvue de pollen.

6° *Étamines réduites à leurs filets, sans traces d'anthères.*

7° *Étamines à anthères et filets complètement avortés.*

*Fleurs.* — Les fleurs ne possèdent, en général, qu'une seule forme d'étamines. Il y a donc autant de catégories principales de fleurs qu'il y a de formes d'étamines, soit sept. Cependant, on peut rencontrer, dans une même fleur, des étamines de deux formes : *a*, longues *et* courtes dans des proportions variées; *b*, longues *ou* courtes et étamines pétaloïdes. Ceci porte à neuf le nombre des catégories principales de fleurs chez *Knautia arvensis*. Ajoutons que, si nous avons rencontré, parfois, des fleurs complètement asexuées ou neutres, nous n'avons jamais observé de fleurs uniquement mâles (pas d'androdiœcie).

---

(1) P. Lavialle, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 176.

(2) P. Lavialle et P. Jaeger, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1474.

*Capitules.* — La composition des capitules varie beaucoup. Les uns sont homogènes, formés de fleurs de même catégorie; les autres sont hétérogènes et portent des fleurs de plusieurs catégories.

1° *Capitules homogènes.* — Ils offrent, au moins, sept compositions distinctes, et portent uniquement des fleurs : *a*, à étamines longues (cas très fréquent); *b*, à étamines courtes (cas fréquent); *c*, à étamines d'inégales longueurs (cas assez rare); *d*, à étamines partiellement pétaloïdes (cas rare); *e*, à étamines entièrement pétaloïdes (cas assez rare); *f*, à étamines dépourvues d'anthères et réduites à leurs filets (cas rare); *g*, à étamines complètement avortées (cas très rare) *gynodioecie*.

2° *Capitules hétérogènes.* — Ils offrent, au moins, cinq compositions distinctes : *a*, capitules portant des fleurs à étamines longues et des fleurs à étamines courtes (cas fréquent); *b*, capitules portant des fleurs à étamines longues *ou* courtes, et des fleurs à étamines inégales (cas assez rare); *c*, capitules portant des fleurs à étamines longues au centre, et des fleurs, femelles, à étamines courtes et stériles ([1]) à la périphérie (cas rare : *polygamie superflue*); *d*, capitules portant des fleurs à étamines longues au centre et des fleurs à étamines entièrement pétaloïdes à la périphérie (cas rare); *e*, capitules portant des fleurs à étamines longues au centre et des fleurs presque toutes complètement asexuées (sans étamines et sans style développés) à la périphérie (cas rare : *polygamie frustranée*).

Individus. — Un individu ne porte jamais qu'une seule catégorie de capitules.

*En résumé :* le très haut degré de polymorphisme de l'étamine considérée : soit individuellement (sept formes principales d'étamines), soit dans l'androcée (neuf catégories principales de fleurs), soit dans l'ensemble des fleurs portées par un même capitule (douze catégories principales de capitules ou pieds), permet de trouver, chez *K. arvensis* vivant à l'état sauvage : 1° tous les intermédiaires, tous les degrés, entre les étamines fertiles bien développées et les étamines complètement avortées; 2° tous les intermédiaires aussi, entre les fleurs hermaphrodites et les fleurs à androcée complètement absent (fleurs rigoureusement femelles); 3° tous les mélanges des diverses catégories d'étamines et de fleurs, sur les capitules et individus.

---

([1]) A. Günthart, *Beitr. z. Blütenbiologie der Dipsaceen* (*Flora*, 93, 1904, p. 209).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Des divers effets produits par le* Fusarium anthophilum (A. Br.) Wr. *sur l'ovule de* Scabiosa Succisa *L.* Note [1] de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. J. Costantin.

Dans de précédentes Notes [2], nous avons montré que la fécondation se produit parfois dans l'ovule de certaines fleurs cléistogames de *Scabiosa Succisa* L. attaquées par le *Fusarium anthophilum* (A. Br.) Wr. et que l'embryon peut commencer son évolution. Nous avions mis en évidence, également, le développement complet de l'embryon dans certains cas où la fleur, quoique fortement parasitée, n'avait pas subi le phénomène de cléistogamie de la corolle. Mais nous ne pouvions pas dire encore jusqu'à quel stade l'embryon peut évoluer lorsqu'il appartient à une fleur dont la corolle est restée close. Dans le but de préciser ce fait, nous avons entrepris de nouvelles recherches sur du matériel prélevé, toujours à la même station, en octobre 1933.

La coupe d'un échantillon à corolle cléistogame nous a révélé la présence d'un embryon complètement développé; or cet exemplaire n'était pas indemne de parasitisme, car de nombreux filaments mycéliens s'observaient en dedans de la corolle close ainsi que dans l'intérieur des sacs polliniques.

Mais la fécondation de l'oosphère et l'évolution de l'embryon sont des phénomènes assez peu fréquents dans nos inflorescences de *Scabiosa Succisa* L. attaquées; plus souvent, les constituants du sac embryonnaire se développent normalement sans que l'on constate aucune fécondation.

Fréquemment aussi, l'assise interne du tégument ovulaire limite, en dedans, un sac embryonnaire vide de tout contenu; en ce dernier cas, nous avons observé, mais assez rarement, le phénomène suivant : l'assise interne se différencie en assise digestive des autres éléments les plus internes du tégument ovulaire. Un fait analogue avait été signalé précédemment par M. Molliard [3] dans certains ovules de *Dipsacus pilosus* L. attaqués par le *Peronospora violacea* Berk.

Ailleurs, nous voyons cette assise interne presque complètement détachée du reste du tégument ovulaire et flottant en dedans d'une cavité dans laquelle se trouvent des filaments mycéliens.

Enfin, comme nous l'avions précédemment signalé, les hyphes peuvent former une masse extrêmement dense à l'intérieur de l'ovule. Ce dernier, en ce cas, se montre toujours plus petit qu'à l'ordinaire et ne remplit pas toute la cavité ovarienne; parfois

---

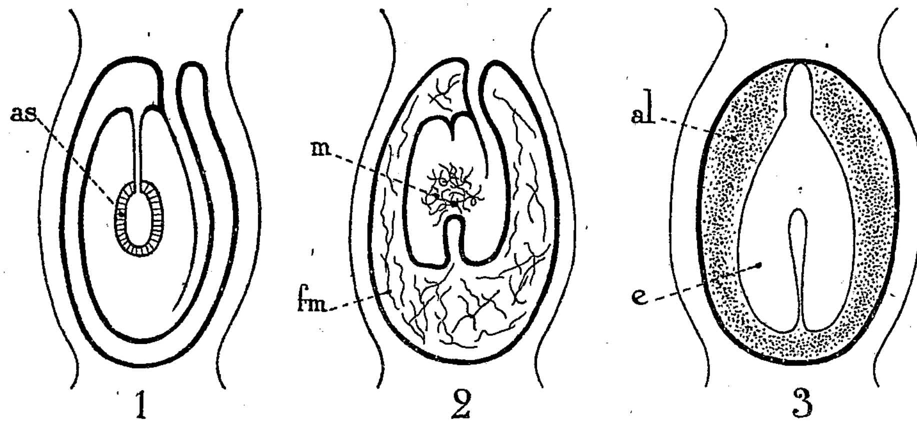
(1) Séance du 26 décembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1141; **195**, 1932, p. 1319.

(3) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 8e série, **1**, 1895, p. 67.

même, il subit une certaine déformation, présentant alors l'aspect d'une masse bilobée.

Ces recherches nous permettent d'affirmer que le sort de l'ovule des fleurs de *Scabiosa Succisa* L. attaquées par le *Fusarium anthophilum* (A. Br.) Wr.




1, 2, 3. Figures schématiques représentant trois ovaires de fleurs cléistogames de *Scabiosa Succisa* L. attaquées par le *Fusarium anthophilum* (A. Br.) Wr.

1. *as*, assise interne du tégument ovulaire entourant un sac embryonnaire vide. — 2. *m*, masse mycélienne à l'intérieur d'un ovule déformé; *fm*, filaments mycéliens dans la cavité ovarienne. — 3. *e*, embryon développé; *al*, albumen.

est très variable. Parfois, il conserve sa constitution normale; il peut alors être fécondé et l'embryon évolue plus ou moins. Mais, plus souvent, on observe des phénomènes de castration parasitaire directe ou indirecte; la première a lieu quand les filaments mycéliens pénètrent à l'intérieur de l'ovule et se substituent aux constituants du sac embryonnaire; la seconde se produit quand ce dernier ne se différencie pas, laissant à sa place une cavité dans laquelle on ne constate aucune trace de mycélium. Mais, dans tous ces cas, les étamines se développent toujours et les sacs polliniques renferment de nombreux grains de pollen.

PHYSIOLOGIE. — *Action de la séro-opothérapie sur la production de la matière grasse du lait chez les vaches laitières.* Note [1] de M. G. **Monnot**, présentée par M. Charles Richet.

Depuis longtemps la plupart des expérimentateurs ont recherché sans succès à tenter d'augmenter la quantité de la matière grasse contenue dans le lait.

Les deux seules méthodes en honneur jusqu'à ce jour : la castration (adoptée surtout en Suisse) et la sélection rigoureuse des animaux avec suralimentation pratiquée en France, n'ont donné que des résultats aléatoires, disproportionnés avec les dépenses engagées.

Nous inspirant des travaux de Charles Richet, sur la sérothérapie et la zomothérapie, nous avons procédé aux expériences suivantes :

Chez les vaches en période de lactation, nous avons administré (*per-os*) chaque matin à jeun un mélange de sérum de bovidés et de produits opothérapiques (séro-opothérapie).

Notre champ de recherches a été extrêmement vaste. Nos expériences ont eu lieu sur des vaches de toutes races, placées soit dans des conditions parfaites de nourriture ou d'hygiène, soit laissées en plein air, soit même placées dans de mauvaises conditions d'alimentation et d'habitat. L'expérimentation s'est effectuée également dans différentes régions (Normandie, Nord, Ardennes, Région de Paris et Charentes).

D'autre part, pour corroborer les résultats obtenus nous avons fait procéder à deux séries d'expériences.

Voici les conclusions que nous pouvons en déduire.

1° Augmentation de la matière grasse par rapport à la teneur antérieure (moyenne de 25 à 40 pour 100). Cette augmentation est moins importante dans le premier mois, car il semble s'établir une sorte d'équilibre à cette période. Au contraire dans les mois suivants les résultats sont toujours très supérieurs.

2° Aucune variation sur la quantité du lait.

3° Augmentation du poids des animaux pendant le traitement; dans l'expérience de Grignon, elle a été respectivement de 9,15 et $30^{kg}$ en deux mois.

---

[1] Séance du 26 décembre 1933.

4° Économie dans la ration alimentaire permettant de compenser à elle seule les dépenses du traitement physiologique.

Les animaux en expérience restent en parfaite santé et présentent même un aspect euphorique (poil lustré, œil brillant, etc.).

A titre de démonstration, nous donnons le fait suivant :

Vache laitière (Hollandaise, 6 ans) donnant $18^{l}$ de lait par jour avec une teneur moyenne de $35^{g}$ de beurre par litre, c'est-à-dire $630^{g}$ par jour et $18^{kg},900$ par mois. Sous l'effet du traitement, on note une augmentation journalière d'environ 25 pour 100, soit $156^{g}$ de beurre, ce qui donne une production journalière de $786^{g}$ et une production mensuelle de $23^{kg},580$ : rendement économique des plus intéressants.

L'augmentation de poids des animaux en expérience est d'environ 5 à $6^{kg}$.

L'économie de nourriture peut être évaluée au minimum à $30^{fr}$ par mois.

En terminant, nous ferons remarquer que cette technique, pour donner son plein effet, doit être appliquée sur l'animal donnant un minimum de $10^{l}$ de lait par jour, c'est-à-dire dans les cinq premiers mois qui suivront la parturition.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le mode d'action des bouillies cupriques. Rôle des dépôts.* Note de MM. **J. Branas** et **J. Dulac**, présentée par M. Pierre Viala.

Nous avons étudié (1) les variations apportées par divers modes de dessiccation à la solubilité du cuivre qui se trouvait primitivement dans la phase dissoute. Lorsque la pluie a entraîné ces sels cupriques aisément solubles, la protection d'un vignoble ne peut plus être assurée que par les dépôts qui interviennent alors comme réserve de cuivre.

Il convient donc d'étudier l'action des facteurs naturels de solubilité de ces dépôts. On a signalé le rôle dissolvant du carbonate d'ammoniaque et de l'acide carbonique dissous dans les eaux météoriques.

Sur les mêmes dépôts des bouillies précédemment définies (1), épuisés en cuivre soluble par des lavages à l'eau distillée, nous avons fait agir des solutions de carbonate d'ammoniaque de différentes concentrations et des eaux provenant de différentes pluies définies par leur concentration en ions $H^{+}$.

Les chiffres qui composent le tableau ci-après expriment les quantités de $SO^{4}Cu$, Aq en milligrammes pour $100^{cm^3}$ de liquide de lavage. Ils sont obtenus à partir de bouillies desséchées en une demi-journée. Les résultats sont plus faibles dans le cas d'une dessiccation très rapide en deux heures en été; inversement, par une dessiccation lente, ils sont plus élevés.

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 938.

| | Bouillie bourguignonne. | | | Bouillie bordelaise. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Base par kg $SO^4Cu$ Aq... | 0kg,320. | 0kg,425. | 0kg,757. | 0kg,168. | 0kg,225. | 0kg,400. |
| *$NH^3$ en milligrammes par litre à l'état de carbonate.* | | | | | | |
| 3mg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0,33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 1,00 | 0,75 | 0,33 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 2,00 | 2,00 | 0,50 | 1,00 | 0 | 0 |
| *Eaux de pluies.* | | | | | | |
| pH = 6,5 à 7,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH = 5,3 | 0,33 | 0,33 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH = 5,0 | 1,00 | 1,00 | 0 | 0,33 | 0 | 0 |
| pH = 4,6 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 2,00 | 1,50 | 0,33 |

*Rôle du carbonate d'ammoniaque.* — La teneur moyenne de l'eau de pluie en $NH^3$ est voisine de 1mg par litre. En admettant que cette quantité se trouve entièrement à l'état de carbonate, on voit qu'il faut atteindre des valeurs 7 à 15 fois supérieures pour dissoudre dans certaines bouillies seulement du cuivre en quantité appréciable.

*Rôle de l'acidité ionique des eaux de pluie.* — L'utilisation de l'eau des pluies permet de se rapprocher davantage des conditions naturelles. L'eau a été recueillie avec toutes les précautions nécessaires dans des cuves en verre pyrex très propres et utilisée aussitôt au lavage des bouillies.

La concentration en ions $H^+$ varie notablement : à Montpellier en mai et juin 1933 ces eaux étaient sensiblement neutres (pH 6,5 à 7,5); en septembre elles étaient plus acides (pH 5,3 à 6); en octobre nous avons trouvé assez régulièrement 5,3; au cours des orages le pH est descendu à 5 et même 4,6. En général le début des pluies était moins acide que le milieu ou la fin. Le séjour de ces eaux sur des organes herbacés lavés ne paraît pas modifier beaucoup leur pH. Notre tableau montre que l'acidité ionique des eaux de pluie est un facteur de solubilité certain, mais dont le jeu, limité aux valeurs du pH inférieures à 5, ne paraît jouer qu'exceptionnellement.

*Conclusions.* — Sous condition d'admettre le postulat de la première Note, les observations rapportées dans cette Note et dans les précédentes ([1]) attribuent aux bouillies une efficacité possible grâce au cuivre dissous dans la liqueur mère; les dépôts sont apparus comme incapables de fournir aux eaux de pluie une quantité de cuivre suffisante pour qu'on puisse escompter une protection.

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1245.

Au surplus, le nombre immense des conidies du *Plasmopara viticola* lors des graves invasions, et sans doute le substratum herbacé obligent à élever le seuil de toxicité jusqu'à $12.10^{-6}$ [1].

Ces conclusions sont confirmées par des observations expérimentales : l'inégalité des résultats obtenus dans la lutte contre le mildiou de la vigne, l'efficacité reconnue des traitements faits sous la pluie quand elle n'est pas trop violente, la contamination des feuilles recouvertes de dépôts lavés, le faible rendement des efforts considérables du praticien et son impuissance lors des invasions graves.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Indépendance du galvanotropisme et de la densité du courant chez les Infusoires ciliés.* Note [2] de M. **Jacques Monod**, présentée par M. M. Caullery.

Dans un précédent travail [3], j'ai montré que, chez des Infusoires, l'intensité du galvanotropisme (définie par l'orientation moyenne des individus par rapport aux lignes de force du courant) varie comme le logarithme du champ électrique.

J'indiquais également que le phénomène n'était pas influencé par les variations de conductibilité du milieu, c'est-à-dire qu'il n'était pas fonction de la densité du courant. On pouvait supposer, en effet, qu'au delà de ces limites, l'influence de l'intensité se ferait sentir, et modifierait le phénomène.

J'ai donc cherché à contrôler ces premiers résultats et à les étendre.

Cette étude ne peut être faite qu'en faisant varier, pour une différence de potentiel égale, la teneur en ions du milieu. On est donc limité par l'impossibilité d'augmenter indéfiniment la pression osmotique et il faudra s'en tenir à des concentrations en sels qui ne modifient pas, au moins sensiblement, les conditions physiologiques normales. D'autre part, les ions peuvent avoir sur les animaux une action spécifique. Il faudra donc employer des solutions balancées.

J'ai employé pour ces expériences, des *Glaucoma pirifomis*, en culture pure. Ils paraissaient supporter parfaitement les solutions équimoléculaires en $NaCl$, $KCl$, $CaCl^2$, $MgCl^2$, que j'ai utilisées principalement pour faire varier la conductibilité du milieu.

---

(1) W. Kotte, *Centralbl. für Bakt. zw. Abt.* 61, 1924, p. 367-378; *Zeitsch. Angew. Chemie*, 37, 1924, p. 508-509; L. Ravaz, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1421.

(2) Séance du 26 décembre 1933.

(3) *Bull. Biol. France-Belgique*, 67, 1933, p. 474.

Les mesures de l'intensité du galvanotropisme ont été faites par la méthode que j'ai décrite dans le travail cité plus haut. (Les trajets des Infusoires sont dessinés à la chambre claire, leurs longueurs mesurées et rapportées aux longueurs de leur projection sur la direction du courant. Le rapport ainsi trouvé exprime l'orientation moyenne.)

De très nombreuses expériences, il ressort que *la conductibilité du milieu n'a aucune influence sur l'intensité du phénomène*. Il est inutile d'exposer ici les résultats de tous ces essais négatifs, je n'en donnerai qu'un exemple.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs du rapport d'orientation dans deux cas, où les densités du courant étaient dans le rapport de 4 à 1500, pour une différence de potentiel constante (2 volts par centimètre).

| Densité du courant (milliamp. par cm²). | Valeurs des rapports d'orientation. | | | | | | | | | | Moyennes. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15..... | 0,86 | 0,88 | 0,92 | 0,95 | 0,95 | 0,80 | 0,86 | 0,92 | 0,95 | 0,86 | 0,89 |
| 0,04... | 0,92 | 0,88 | 0,95 | 0,92 | 0,95 | 0,95 | 0,92 | 0,80 | 0,86 | 0,86 | 0,90 |

Ce résultat peut paraître surprenant. En effet, nombre d'auteurs ont invoqué la densité du courant comme facteur déterminant du galvanotropisme. On ne saurait d'ailleurs être trop prudent puisqu'il s'agit de résultats négatifs.

Si cependant ceux-ci sont généralisables, il s'en dégage des conclusions importantes.

1° Les théories qui expliquent le galvanotropisme des Infusoires par le déplacement des ions dans le milieu, à l'extérieur de l'animal (on pourrait les appeler les théories chimiotactiques du galvanotropisme), doivent être rejetées ([1]).

2° Les ions ajoutés dans le milieu ne peuvent agir sur le tropisme que par les modifications qu'ils impriment dans l'animal lui-même, aux propriétés électriques du protoplasme. On pourra donc étudier le rôle des ions sans s'inquiéter des variations de conductibilité du milieu ([2]).

L'intérêt de cette question dépasse peut-être le cadre du problème précis qui nous occupe. On peut penser, en effet, qu'une fois mieux connu le méca-

---

([1]) Le problème se pose d'une manière toute différente pour les animaux à mouvement amœboïde et il semble que la conductibilité du milieu y joue un grand rôle.

([2]) Certaines expériences de Gray montrent que les ions métalliques n'ont d'influence sur le mouvement ciliaire que lorsqu'ils ont pénétré dans la cellule, et qu'ils n'agissent pas à sa surface (J. Gray, *Ciliary movement*, Cambridge, 1928).

nisme du galvanotropisme, celui-ci pourrait devenir un instrument précieux dans l'étude du problème de l'antagonisme des ions, et des propriétés physiques du protoplasme.

PARASITOLOGIE. — *Spécificité parasitaire et déterminisme de la ponte de la mouche* Lucilia bufonivora. Note [1] de M. E. **Brumpt**, présentée par M. P. Marchal.

*a. Spécificité parasitaire.* — La *Lucilia bufonivora*, qui détruit chaque année, dans certaines localités de l'Europe occidentale, un nombre plus ou moins considérable de crapauds communs, présente une spécificité parasitaire assez étroite. Dans la nature, le *Bufo vulgaris* est l'hôte type sur lequel Moniez (1876) a récolté les larves qui lui ont permis d'obtenir les adultes décrits par lui sous le nom de *Lucilia bufonivora*. Cette même mouche a été obtenue par Portchinsky (1898) en partant de larves récoltées sur des grenouilles rousses (*Rana platyrrhina* et *R. oxyrrhina*) des environs de Leningrad. D'autre part, des larves que mes expériences d'infestations expérimentales par transplantation me permettent de considérer comme appartenant à cette même espèce ont été trouvées une fois par H. Caullery, cité par Keilin (1915-1916), dans les cavités nasales de *Salamandra maculosa*, capturée aux environs de la Hague et par moi, dans un cas également, chez une *Rana temporaria* de Roscoff en 1907. D'après Moniez (1876), Giard a observé des larves indéterminées chez un *Bufo calamita* de Roscoff [2].

Expérimentalement, j'ai pu obtenir des pontes sur quatre espèces de batraciens : *Bufo vulgaris*, *Alytes obstetricans*, *Salamandra maculosa* et *Rana esculenta* et j'ai pu transplanter facilement des larves de *Bufo* infectés, dans les narines ou dans les orbites traumatisées de ces mêmes espèces ainsi que chez *Rana temporaria*, *Molge cristata* et *Molge palmata*. Je n'ai pu réussir à les maintenir dans l'anus des crapauds ni dans l'œil traumatisé d'un rat.

La *Lucilia bufonivora* ressemble beaucoup par sa morphologie externe,

---

[1] Séance du 26 décembre 1933.

[2] Au cours de récoltes de batraciens effectuées, à Roscoff, de 1907 à 1910, j'ai capturé, à la digue, 20 *Bufo vulgaris* infestés sur 40, 1 grenouille rousse sur plusieurs centaines, aucun *Bufo calamita* sur 20, et, dans la ville de Roscoff, je n'ai trouvé aucun animel infecté parmi 60 *Salamandra maculosa*, 6 *Alytes obstetricans*, 2 *Pelodytes punctatus* et divers tritons récoltés après de violents orages.

à *Lucila sylvarum.* Aussi la plupart des auteurs étrangers considèrent-ils ces deux espèces comme identiques. Cependant, l'examen de l'armature génitale des mâles a permis à Villeneuve de Janti (1914) de considérer ces deux espèces comme distinctes, tout en estimant (1925) que la *Lucilia bufonivora* dérive de la *L. sylvarum* et s'est individualisée par suite de son adaptation partielle au parasitime.

Si cette mutation s'est réellement produite, on peut affirmer qu'elle a été bien peu favorable à la propagation et à la conservation de l'espèce qui, de saprozoïde et par conséquent susceptible de trouver partout la subsistance de sa progéniture, est devenue un être à spécificité parasitaire assez étroite et semble avoir acquis, sous des influences difficiles à concevoir, des caractères biologiques peu favorables comme la longue incubation ovulaire, l'absence d'éclosion spontanée et la ponte sur certains hôtes, la salamandre et les alytes par exemple, où l'évolution ne peut guère s'effectuer jusqu'à son terme ultime.

*b. Ponte.* — En partant de 162 mouches provenant de six crapauds parasités capturés en juillet 1933, et placées dans une cage de tulle de 50$^{cm}$ de côté entourée de serviettes éponges mouillées, j'ai pu étudier la ponte de ces diptères qui s'effectue environ huit jours après l'éclosion.

Si l'on introduit, dans la cage où se trouvent les mouches prêtes à pondre, divers fruits, de la viande ou des fragments de viscères de lapin ou de poulet, un crapaud tué et éventré, un crapaud tué et frais et un crapaud vivant, les mouches se dirigent, peu sur les fruits sauf sur les poires, peu sur les viscères, peu sur le crapaud vivant et le crapaud tué et frais, et en grand nombre sur le crapaud tué et ouvert sur lequel elles se nourrissent mais ne pondent pas sauf dans un cas sur 30 expériences tandis que le crapaud vivant présente des œufs plus ou moins nombreux parfois au nombre de plusieurs centaines sur ses téguments. Si dans une cage on introduit divers batraciens, on obtient toujours des pontes sur *Bufo vulgaris* et sur *Alytes obstetricans* tandis que *Salamandra maculosa* et *Rana esculenta* sont habituellement délaissées. Je dois signaler cependant que j'ai obtenu une petite ponte de 46 œufs sur *Rana esculenta* et une autre de 20 œufs sur une tache noire de la peau de *Salamandra maculosa.*

Mes expériences me permettent de dire que parmi les conditions chimiques, physiques et biologiques qui déterminent la ponte, cette dernière dépend un peu de l'odeur des batraciens, à activité nocturne, que la mouche, à activité diurne, doit aller chercher dans leurs repaires. Je dois ajouter cependant, que cette sensation olfactive est peu spécifique car la

ponte s'effectue aussi bien sur le *Bufo vulgaris* à odeur faible, pour nos sens tout au moins, que sur l'*Alytes obstetricans* à odeur d'ail très prononcée. La ponte n'est pas influencée par la forme, les dimensions, le sexe, la couleur, la température de l'hôte favorable placé au soleil ou à l'ombre, par son degré d'humidité, les venins cutanés qu'il sécrète ou par le contact de sa peau, car les animaux venant d'être sacrifiés ne reçoivent jamais de ponte tandis que, dans la même cage, un crapaud vivant en reçoit de nombreuses. C'est probablement les mouvements du crapaud en marche ou les mouvements respiratoires de l'animal au repos qui déterminent l'acte de ponte. Je crois utile de donner à cette attraction exercée par un être vivant mobile ou par divers véhicules sur certains animaux éprouvant le besoin de pondre ou de se nourrir le nom de *cinétropisme*. Le fait que les mouches se nourrissent et ne pondent normalement pas sur les viscères de batraciens montre qu'il n'existe pas d'intérêt alimentaire accompagnant l'acte de ponte.

Cependant, si les femelles pondent normalement sur les crapauds et diverses grenouilles rousses, il est bon de noter que certaines provenant d'élevages de larves parasites de *Bufo vulgaris* commettent des erreurs et font preuve d'un manque d'instinct, soit en pondant sur les viscères d'un crapaud mort soit en pondant de nombreux œufs sur un trop petit crapaud dont le corps ne suffira pas à nourrir les larves qui succomberont avant la fin de leur croissance, soit en pondant sur un crapaud ayant déjà dans ses narines ou ses yeux des larves assez nombreuses pour utiliser toute la substance de son corps, soit encore en pondant sur un crapaud sur le point de muer et qui, quelques heures plus tard, en ingérant sa mue cuticulaire, détruira tous les œufs sans que ceux-ci éclosent d'ailleurs dans son estomac.

PHYSICOCHIMIE MICROBIOLOGIQUE. — *Sur la fluorescence de la pyocyanine synthétique*. Note (¹) de M. **Ch. Dhéré**, présentée par M. H. Vincent.

On doit à Wrede (²) d'avoir élucidé la constitution et d'avoir réalisé la synthèse de la pyocyanine, pigment conférant sa couleur caractéristique au pus bleu, dont l'agent est le *Bacillus pyocyaneus*. Il s'agit (et ç'a été le premier cas connu en biochimie) d'un dérivé (méthylé) de la phénazine ou

(¹) Séance du 26 décembre 1933.
(²) F. Wrede, *Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten*, 111, 1930, p. 90.

diphénoparadiazine; ce noyau hétérocyclique existe, comme on sait, dans de nombreuses matières colorantes artificielles : safranines, rouge neutre, etc., qui possèdent, tout au moins dans certaines conditions, une fluorescence remarquable. Il m'a donc semblé utile d'étudier avec soin cette propriété optique dans le cas de la pyocyanine, ayant pu m'en procurer un échantillon préparé dans les laboratoires Hoffmann-La Roche (Bâle). C'est à l'état de chlorhydrate que la pyocyanine se trouve dans le commerce, la pyocyanine libre étant trop peu stable. Les solutions aqueuses du chlorhydrate présentent une dissociation hydrolytique et montrent superposés les deux spectres d'absorption de la pyocyanine libre et de son chlorhydrate, d'après les observations de Ph. Lasseur et F. Girardet (1). Avec ce mélange pigmentaire, je n'ai pu percevoir la moindre fluorescence; les résultats ont aussi été complètement négatifs avec la pyocyanine libre préparée à l'état de cristaux au moyen du procédé de Wrede (solution chloroformique additionnée d'éther de pétrole), que le pigment fût à l'état solide ou qu'il fût dissous soit simplement dans l'eau, soit dans les solutions tampons de Sörensen, notamment dans les solutions de phosphates de pH compris entre 9 et 4,5.

En faisant dissoudre le chlorhydrate de pyocyanine dans le chloroforme (solution saturée et filtrée), on voyait une fluorescence de coloration vert jaune, qui subsistait après addition d'eau.

*Par réduction, de belles fluorescences vertes ont pu être observées.* Voici comment j'ai opéré : A quelques centimètres cubes d'une solution aqueuse de chlorhydrate, on ajoute une ou deux gouttes d'une solution d'hydrosulfite de soude, la liqueur devient verte, puis d'un vert jaune; c'est à ce stade, qui précède la décoloration, que la fluorescence est la plus forte. La fluorescence verte peut aussi être constatée en millieu alcalin quand la liqueur a pris une couleur cuivre rouge, et surtout à un stade de réduction un peu moins avancée. Ces réactions sont aisément réversibles bien des fois. La fluorescence verte apparaît encore — après quelques instants et à la température ordinaire — quand du zinc en poudre très fine est introduit dans la solution de chlorhydrate de pyocyanine; la réduction est extrêmement rapide en acidifiant légèrement (par de l'acide chlorhydrique). Au lieu de zinc, on peut utiliser, en milieu acide, de la poudre de magnésium en présence d'une gouttelette de mercure. Par addition de soude à une solution

(1) *Bull. Société des Sc. de Nancy*, 4e série, 3, 1926, p. 14 et 38. La solution aqueuse, d'un rouge vineux, étant agitée avec du chloroforme, j'ai vu que celui-ci se colorait en bleu en s'emparant de la fraction de pyocyanine à l'état libre.

contenant du glycose (chauffer un peu), la pyocyanine est transformée en produit de réduction rougeâtre; la fluorescence verte est perceptible. Si l'on introduit de la levure de bière (levure pressée) dans une solution suffisamment foncée de chlorhydrate de pyocyanine, on constate bientôt l'apparition d'une fluorescence verte assez nette qui augmente ou diminue peu à peu suivant le stade de réduction auquel on est parvenu (utiliser, pour la comparaison, un second tube semblable qui sera aéré avec précaution).

Wrede a effectué la synthèse de la pyocyanine par méthylation de l'α-oxyphénazine (1). Avec un échantillon de ce dernier corps, mis gracieusement à ma disposition par M. le Dr Guggenheim, j'ai fait notamment l'expérience suivante : de l'α-oxyphénazine est dissoute dans de l'eau additionnée d'une trace de soude (liqueur violet rouge); on ajoute de l'acide chlorhydrique jusqu'à précipitation de l'α-oxyphénazine : en versant une ou deux gouttes de solution d'hydrosulfite de soude, le précipité se dissout et l'on obtient une liqueur plus ou moins verte, à forte fluorescence verte.

Dans tous les essais précédemment décrits, la fluorescence était excitée par des rayons violets et ultraviolets. Voici le meilleur procédé pour voir la fluorescence verte de la pyocyanine à la lumière naturelle : on réduit le chlorhydrate avec de l'hydrosulfite, puis on ajoute de l'alcool amylique et l'on agite très doucement. Presque tout le pigment passe dans la couche supérieure, mais la solution aqueuse, à peine colorée, présente une forte fluorescence verte quand on la place dans un faisceau convergent de rayons solaires. Il est recommandable de laisser le tube complètement au repos pendant une ou plusieurs heures avant la recherche de la fluorescence (2).

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

---

(1) Wrede désigne aussi l'α-oxyphénazine sous le nom d'hémipyocyanine, manière de voir critiquée par L. Michaelis, *Journ. of biol. Chemistry*, 91, 1931, p. 355; 92, 1931, p. 211; *Biochem. Ztschr.*, 255, 1932, p. 66.

(2) Le spectre de fluorescence de la pyocyanine réduite ne présente pas de structure intéressante : très intense dans le vert, il s'étend assez loin dans l'orangé.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 8 JANVIER 1934.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard** présente en ces termes l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1934 :

J'offre à l'Académie de la part du Bureau des Longitudes l'Annuaire de 1934. Ce volume ne se présente pas sous la forme habituelle. On a pensé que le moment était venu de changer le format trop étroit d'une publication qui, avec les années, a pris d'assez grands développements.

Depuis quelque temps déjà les Annuaires du Bureau contiennent d'abord quatre Chapitres, relatifs respectivement au *Calendrier*, à la *Terre*, à l'*Astronomie* et aux *Mesures légales et Monnaies;* ils renferment ensuite un cinquième Chapitre consacré, les années paires aux *Données physiques et chimiques*, et les années impaires aux *Données géographiques et aux Statistiques démographiques*.

D'importantes révisions ont été cette année opérées dans les quatre premiers Chapitres, particulièrement pour les grandeurs, les spectres et les mouvements propres des étoiles, ainsi que pour la Météorologie. Dans le cinquième Chapitre consacré à la Physique et à la Chimie, de nombreux tableaux ont été complètement remaniés, et quelques indications ont été données çà et là au sujet de certaines théories physiques, avec la concision qui convient à un Annuaire.

On trouvera à la fin du volume quatre Notices, de M. Hamy *sur les conditions de possibilité de la photographie des étoiles en plein jour en haute montagne*, de M. Lallemand *sur les services rendus par le Portugal aux sciences géographiques*, de M. Esclangon *sur la distribution téléphonique de l'heure et l'Horloge parlante de l'Observatoire de Paris*, de M. le général

Perrier *sur la cinquième assemblée de l'Union géodésique et géophysique internationale à Lisbonne.*

Je tiens à ajouter que nous avons trouvé dans l'Imprimerie Gauthier-Villars le concours le plus empressé pour cette refonte complète de la forme de l'*Annuaire*, refonte qui a exigé quelques tâtonnements. Nous savions pouvoir compter sur une collaboration à laquelle l'Académie est habituée, comme le Bureau des Longitudes.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variétés de Blé résistantes à la Rouille.* Note de M. J. **Costantin**.

Pour obtenir des variétés de Blé résistantes aux trois principales espèces de Rouille (*Puccinia graminis*, *P. glumarum* et *P. triticina*), on s'est contenté jusqu'ici d'appliquer, et souvent un peu au hasard, les pratiques courantes de l'hybridation; parfois cependant et assez rarement, on a fait intervenir la loi de Mendel. Il semble bien que la plupart des biologistes et des agronomes espèrent que l'on finira par faire avancer un jour ou l'autre cette question si importante au point de vue pratique.

Les recherches faites jusqu'ici ont conduit cependant, il me semble, à beaucoup de déceptions, car le problème de la Rouille si anciennement posé — puisqu'il était connu de Moïse et des anciens Égyptiens — non seulement est loin d'être résolu, mais aucune solution ne s'entrevoit pour un avenir prochain. Malgré les efforts méritoires de nombreux phytopathologistes distingués, chaque année l'Agriculture mondiale paie, par suite de l'extension des Rouilles, un tribut formidable qui se chiffre par milliards. Les statistiques les plus sérieuses publiées à la suite d'enquêtes méthodiques en Amérique, en Allemagne et ailleurs, mentionnent des pertes souvent effrayantes.

Si l'on étudie une autre plante, la Canne à sucre, à laquelle la technique de l'hybridation, en vue de combattre une maladie à virus, a été aussi appliquée, on est obligé de reconnaître que l'on a atteint en Extrême-Orient (à Java) une perfection de résultats dont nous n'avons pas l'idée en Europe. L'exemple que j'ai cité [1] récemment de la variété POJ 2878 mérite d'être mentionné à ce propos. Cette variété est si remarquable qu'elle est cultivée sur 90 pour 100 des plantations sucrières de Java et l'*on n'y rencontre pas un seul pied malade de la dégénérescence* quand on inspecte avec la plus grande attention *des centaines d'hectares* (Cayla). Cette immunité est véritable-

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1261.

ment si extraordinaire qu'elle a été qualifiée d'*absolue*; elle n'est en réalité que *commerciale car elle ne dure*, en effet, que *six ans* environ.

L'Agriculture du Blé est loin de présenter une pareille maîtrise. Peut-on envisager qu'elle finira par y arriver? Cela peut paraître chimérique et bien invraisemblable à beaucoup de bons esprits. J'essaierai dans cette Note de répondre à cette question.

Si le problème des Rouilles et la manière de les combattre ne progresse pas d'une manière appréciable, c'est peut-être qu'il est mal posé.

Examinons comment les Hollandais sont parvenus à obtenir POJ 2878, cette variété remarquable qui vient d'être mentionnée plus haut.

On sait que de 1888 à 1900, avant que des recherches véritablement pratiques d'hybridation n'aient été entreprises pour guérir la Canne à sucre envahie par le Séreh depuis 1883, *on a exclusivement employé les boutures alpestres* pour lutter efficacement contre ce fléau dans les plantations définitives (pour produire le sucre) c'est-à-dire *en plaine*.

A partir de 1900, les hybrides ont fait leur apparition réelle et pratique dans la culture en grand. Il est à remarquer qu'en fabriquant ces hybrides aucun de leurs obtenteurs ne s'est préoccupé d'appliquer la *loi de Mendel*; le rôle pratique de cette loi est bien loin jusqu'ici de répondre à son importance théorique. Les agronomes et horticulteurs néerlandais ont surtout, au début, croisé entre elles les Cannes nobles, c'est-à-dire celles sur lesquelles le Séreh sévissait avec intensité. Parmi les nouveautés ainsi obtenues, on peut mentionner DI 52 et EK. 28 qui ont eu le plus de succès : il a été très grand mais très éphémère. Cela se comprend aisément : il ne fallait pas pour découvrir *des Cannes résistantes au Séreh croiser entre elles des plantes sensibles à cette maladie*, car les parents périssant sous ses attaques, les descendants devaient y succomber aussi. L'emploi de l'hybridation n'a donc pas conduit à abandonner la cure d'altitude, au contraire. Les hybrides précédents ont aujourd'hui disparu des cultures à peu près complètement.

C'est seulement en 1918 que M. Jeswiet s'est orienté dans une voie nouvelle; lui non plus n'a nullement songé à faire intervenir la loi de Mendel, mais il a pensé à recourir à l'influence du climat montagnard, non pas directement comme dans le cas des boutures, mais en faisant intervenir dans les *croisements des Cannes sauvages montagnardes*, ayant acquis par l'action de l'altitude la résistance au Séreh. Il s'est servi du *Saccharum spontantum* (type sauvage) et du type *Kassoer*, hybride spontané de l'espèce précédente et de *Black-Chéribon*. *Les Cannes indemnes de virus venaient donc de la montagne*, mais leur immunité ne devait être introduite qu'à doses très faibles, car autrement l'hybride n'avait presque plus de sucre et perdait tout caractère industriel.

Le succès de M. Jeswiet a été complet : il a pu, après des essais préliminaires, introduire, en 1925, POJ 2878 dans la grande culture.

Peut-on opérer ainsi pour le Blé? Il le semble puisque l'on connaît des espèces (ou des variétés) résistantes plus ou moins aux Rouilles : on cite

notamment les *Triticum durum* présentant dans ses nombreuses formes une résistance plus ou moins marquée, mais surtout le *Triticum monococcum*.

Ces types ont été employés par beaucoup d'agronomes et ils ont introduit en Agriculture des variétés qui ont été qualifiées de résistantes. Mais s'il en est ainsi, pourquoi le problème de la Rouille du Blé n'est-il pas résolu comme l'est pratiquement celui de la Canne ?

Je crois que c'est parce qu'on a omis de suivre l'exemple de ce qui a été fait à Java pour la Canne : d'abord on a négligé de tenir compte, malgré les beaux travaux de Schübeler, de l'influence de la montagne indépendamment de l'hybridation ; de plus, on n'a jamais cherché à *introduire une sève montagnarde dans les croisements*. On a donc ignoré les deux méthodes qui ont permis de trouver la solution du Séreh à Java.

Les remarques précédentes guideront peut-être les futurs chercheurs qui voudront résoudre un problème agricole très difficile sinon insoluble.

Voici d'ailleurs des essais faits en Afrique anglaise qui susciteront peut-être une orientation nouvelle dans les futurs travaux.

M. Burton (H. K.), agronome anglais, a commencé à publier (1926 à 1928) des notes sur ses recherches au Kénya, qui me paraissent du plus grand intérêt. Il s'est inspiré du beau Mémoire de son compatriote, M. Dowson, qui, dans la même région montagneuse, a étudié une autre Rouille qui sévit, non sur le Blé mais sur le Caféier (*Coffea arabica*). Au Kénya, elle attaque le « nandi », c'est-à-dire un Caféier sauvage (*Coffea eugenioides* synonyme de *C. nandiensis*) [1].

En sélectionnant des Blés cultivés en trois stations montagnardes d'altitudes différentes (au laboratoire Scott, à 1700$^m$ ; à Njoro, à 2100$^m$ ; à Mau Summit, à 2500$^m$), M. Burton a signalé d'abord le grand rôle que jouent les trois Rouilles précédentes en Afrique équatoriale, car il a constaté qu'elles sont aussi des facteurs limitatifs de la culture du Blé dans ces pays. Il a trouvé, au milieu de 428 cultures de types différents, des variétés résistantes au *Puccinia graminis* ; d'autre part, la variété désignée par lui sous le symbole B 256 C résiste au *P. triticina*. Diverses lignées sont également très importantes : notamment *Equator* est doué *d'une parfaite immunité vis-à-vis du P. graminis mais seulement à des altitudes supérieures à* 2100$^m$ ; c'est, en même temps, le seul type présentant une immunité sérieuse vis-à-vis du *P. glumarum* ; aussi recommande-t-il de cultiver en haute altitude et en association : *Equator* et *Florence* (hybride bien connu en Europe), mais ce dernier comme récolte subsidiaire. Cette dernière variété mûrissant tôt résiste assez bien à *P. glumarum*, qui est la plus précoce des trois Rouilles ; mais *Florence* est susceptible à *P. graminis*. Puisque la culture principale *Equator* est résistante à ce dernier parasite, elle ne le propage pas à *Florence*. On voit donc que ces deux Blés ainsi associés se protègent mutuellement.

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 380.

Aux altitudes moyennes et basses, le *Puccinia graminis* est le principal danger : dans ces régions, l'auteur recommande le *Kenya Governor*, parce que cette variété résiste le mieux à la Rouille noire précédente.

Ces faits sont d'une nouveauté qui n'échappera à personne. Il me semble que M. Burton est dans une bonne voie sur laquelle il sera bon de s'engager à sa suite.

GÉOMÉTRIE CINÉMATIQUE. — *La notion de cercle instantané dans la théorie des mouvements plans.* Note de M. D'OCAGNE.

1. Pour une position quelconque d'une figure invariable de forme, mobile dans un plan, soient I le centre instantané de rotation, H le point diamétralement opposé à I dans le cercle des inflexions, point qui peut être dit *pôle des inflexions* pour la position considérée. Donnons en outre le nom de *cercle instantané* du point M au cercle de centre M et de rayon MI que nous désignerons ici par la notation [M].

Toutes les questions relatives aux centres de courbure des trajectoires des points de la figure mobile peuvent être résolues au moyen de l'unique théorème s'énonçant ainsi : *le pôle des inflexions* H *et le centre de courbure* $\mu$ *de la trajectoire du point* M *sont conjugués par rapport au cercle instantané* [M].

C'est par une voie purement géométrique que j'ai été amené à ce théorème donné dans mon Cours de l'École Polytechnique. J'ai eu, après coup, l'occasion de constater que ce théorème avait été antérieurement remarqué par Kœnigs [1] sans qu'il se soit d'ailleurs attaché à faire ressortir le rôle que la notion de cercle instantané peut jouer dans cette théorie.

2. Le mouvement de la figure étant déterminé par la connaissance des trajectoires de deux de ses points A et B, dits *points guides*, il suffit de prendre les polaires des centres de courbure correspondants par rapport aux cercles instantanés [A] et [B] pour avoir, par l'intersection de ces polaires, le pôle H. La polaire de ce point H, par rapport à tout autre cercle instantané [M], fait ensuite connaître le centre de courbure $\mu$ répondant au point M.

3. Considérons alors, dans la figure mobile, une droite quelconque $\Delta$.

---

[1] *Leçons de Cinématique*, p. 443 (Hermann, 1897).

Les cercles instantanés de tous les points de $\Delta$ passant par I et ayant leurs centres sur cette droite $\Delta$ ont un axe radical commun, savoir la perpendiculaire menée de I à $\Delta$. Il en résulte que les polaires de H, par rapport à tous ces cercles, passent par un même point $\Omega$; par suite, *il suffit d'abaisser de ce point $\Omega$ une perpendiculaire sur* HM *pour obtenir sur la normale* IM *le centre de courbure* $\mu$.

Or, le faisceau des droites $\Omega\mu$ et celui des droites IM étant l'un et l'autre homographiques du faisceau des droites HM le sont entre eux; il s'ensuit que *le lieu* ($\mu$) *du point commun à leurs rayons correspondants est une conique;* c'est le théorème de Rivals ainsi retrouvé très simplement. La conique ainsi obtenue passe, bien entendu, par $\Omega$ et I; ses directions asymptotiques sont en outre données par les droites joignant le point I aux points de rencontre de $\Delta$ et du cercle des inflexions.

Pour construire le point $\Omega$ il n'y a qu'à prendre la polaire de H par rapport à deux quelconques des cercles [M] attachés à $\Delta$. Le plus simple consiste à prendre sur $\Delta$ : 1° le point $M_0$ également distant de I et de H, pour lequel la polaire de H est la perpendiculaire HJ élevée en ce point à $M_0H$; 2° le point $M_\infty$ à l'infini sur $\Delta$ pour lequel la polaire, perpendiculaire à $\Delta$, est à une distance du point H double de celle de IJ. Les droites HJ et IJ se rencontrant en J, il résulte de là que *le point $\Omega$ est le symétrique de* H *par rapport à* J.

4. Dans le cas où les points guides A et B dérivent deux axes rectangulaires $Ox$ et $Oy$, le pôle H reste constamment confondu avec le point O; le point $M_0$ étant alors situé à la rencontre des diagonales du rectangle OAIB, le cercle instantané [$M_0$] se confond avec le cercle des inflexions et le point O appartient à la conique ($\mu$).

Les directions asymptotiques étant, en ce cas, données par les droites rectangulaires IA et IB, *la conique* ($\mu$) *est une hyperbole équilatère dont, par ailleurs, le centre* C *est le pied de la perpendiculaire abaissée de* I *sur* AB. Ceci montre que, lorsque AB varie, le lieu de ce centre se confond avec l'enveloppe de AB, qui est l'hypocycloïde à quatre rebroussements que l'on sait.

On peut voir en outre que *les tangentes en* O *et en* I *à l'hyperbole* ($\mu$), *l'une symétrique de* OC *par rapport à* OA, *l'autre perpendiculaire à* OI, *se coupent sur* AB. Il y a, d'ailleurs, contact en I entre l'hyperbole ($\mu$) et le cercle de centre O décrit sur le plan fixe par le point I; par suite, lorsque AB varie, *ce cercle constitue l'enveloppe de l'hyperbole* ($\mu$) *qui, par ailleurs, passe constamment par le point* O.

La projection du centre de courbure de l'hyperbole équilatère ($\mu$) répondant au point I, sur le diamètre CI de cette hyperbole, étant, comme on sait, symétrique du centre C par rapport à I, ce centre de courbure est lui-même symétrique de $M_0$ par rapport à I, donc confondu avec le centre du cercle des rebroussements; celui-ci, par conséquent, constitue, comme il est bien connu, le cercle osculateur de l'hyperbole ($\mu$) en I.

5. Le classique théorème de Bobillier permet, lui aussi, comme il est connu, de déduire tous les centres de courbure $\mu$ de ceux $\alpha$ et $\beta$ qui correspondent aux points guides A et B. Dans le cas où ces points guides parcourent les axes rectangulaires $Ox$ et $Oy$, on en peut tirer le théorème suivant, de forme beaucoup plus simple : *Le cercle instantané du milieu du segment de la normale, compris entre* I *et* OA, *et le système des droites* OI *et* AB *ont en commun deux cordes perpendiculaires à* OA ; *l'une est* IA ; *l'autre passe par le centre de courbure* $\mu$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la nature du photon.* Note [1] de M. **Louis de Broglie.**

Dans des Notes précédentes [2], nous avons proposé une définition des champs électromagnétiques associés au photon. Tout récemment [3], nous avons envisagé une définition différente qui n'est d'ailleurs pas sans relation avec l'ancienne. Dans la présente Note, revenant pour l'instant à l'idée primitive, nous introduirons les champs électromagnétiques lumineux comme il suit. Admettons pour équation d'ondes d'un corpuscule de lumière [4] :

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\Psi}{\partial t} = \alpha_1\frac{\partial\Psi}{\partial x} + \alpha_2\frac{\partial\Psi}{\partial y} + \alpha_3\frac{\partial\Psi}{\partial z} + \frac{2\pi i}{h}\mu_0 c\alpha_4\Psi, \tag{1}$$

$\alpha_1$, $\alpha_2$, $\alpha_3$, $\alpha_4$ étant les matrices de la théorie de Dirac et $\mu_0$ une masse propre qui sera supposée nulle ou négligeable. Nous définissons alors les composantes du champ électrique et du champ magnétique associés au photon par les formules suivantes (en laissant de côté une constante sans

(1) Séance du 3 janvier 1934.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 536 et 577.

(3) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1377.

(4) Nous évitons à dessein d'employer le mot photon pour des raisons qui paraîtront plus loin.

importance ici) :

$$(2)\quad \begin{cases} h_x = \sum\limits_k \varphi_k i \alpha_1 \alpha_4 \Psi_k, & h_y = \sum\limits_k \varphi_k i \alpha_2 \alpha_4 \Psi_k, \qquad h_z = \sum\limits_k \varphi_k i \alpha_3 \alpha_4 \Psi_k; \\ H_x = \sum\limits_k \varphi_k i \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \Psi_k, & H_y = \sum\limits_k \varphi_k i \alpha_3 \alpha_1 \alpha_4 \Psi_k, \qquad H_z = \sum\limits_k \varphi_k i \alpha_1 \alpha_2 \alpha_4 \Psi_k, \end{cases}$$

où $\Psi$ est la fonction d'onde d'un certain état initial et $\varphi$ celle d'un certain état final du corpuscule de lumière.

L'état initial est arbitraire : supposons que ce soit un mouvement rectiligne uniforme correspondant à une onde plane monochromatique. En prenant la direction de propagation pour axe des $z$, on peut écrire

$$(3)\quad \begin{cases} \Psi_1 = -\,A e^{2\pi i \frac{\nu}{2}\left(t-\frac{z}{c}\right)}, & \Psi_3 = A e^{2\pi i \frac{\nu}{2}\left(t-\frac{z}{c}\right)}, \\ \Psi_2 = \quad B e^{2\pi i \frac{\nu}{2}\left(t-\frac{z}{c}\right)}, & \Psi_4 = B e^{2\pi i \frac{\nu}{2}\left(t-\frac{z}{c}\right)}, \end{cases}$$

en désignant la fréquence par $\nu/2$, A et B étant deux constantes complexes.

Comment devons-nous choisir l'état final représenté par la fonction $\varphi$? Au premier abord, il paraît arbitraire à ceci près que $\varphi$ doit naturellement être solution de (1). Quitte à tenter plus loin de justifier cette hypothèse, nous déduirons $\varphi$ de $\Psi$ par les formules

$$(4)\quad \begin{cases} \varphi_1 = -\,\Psi_4^\star = -\,B^\star e^{-2\pi i \frac{\nu}{2}\left(t-\frac{z}{c}\right)}, & \varphi_3 = \quad \Psi_2^\star = B^\star e^{-2\pi i \frac{\nu}{2}\left(t-\frac{z}{c}\right)}, \\ \varphi_3 = \quad \Psi_3^\star = \quad A^\star e^{-2\pi i \frac{\nu}{2}\left(t-\frac{z}{c}\right)}, & \varphi_4 = -\,\Psi_1^\star = A^\star e^{-2\pi i \frac{\nu}{2}\left(t-\frac{z}{c}\right)}, \end{cases}$$

où l'astérique désigne la quantité conjuguée. Cette onde $\varphi$, qui est solution de (1), sera nommée l'onde opposée à $\Psi$.

Ces hypothèses acceptées, nous pouvons calculer les champs à l'aide des formules (2); nous trouvons :

$$(5)\quad \begin{cases} h_x = \quad 2i(B^2 - A^2) e^{2\pi i \nu\left(t-\frac{z}{c}\right)}; & H_x = -2\,(B^2 + A^2) e^{2\pi i \nu\left(t-\frac{z}{c}\right)} = \quad h_y, \\ h_y = -2\,(B^2 + A^2) e^{2\pi i \nu\left(t-\frac{z}{c}\right)}; & H_y = -2i(B^2 - A^2) e^{2\pi i \nu\left(t-\frac{z}{c}\right)} = -\,h_x, \\ h_z = 0; & H_z = 0. \end{cases}$$

Ces champs sont placés comme le veut la théorie électromagnétique de l'onde lumineuse. Dans le processus de transition $\Psi \rightarrow \varphi$, la lumière livre à la matière l'énergie $h\nu$ comme le veut la relation des quanta. Le caractère

de l'onde lumineuse (5) dépend des constantes A et B. Si ces constantes ont même module, on a une onde polarisée rectilignement dont l'azimut de polarisation dépend de la différence des arguments de A et B. Si A est nul, on a une onde circulaire droite et la transition $\Psi \rightarrow \varphi$ correspond à la cession par la lumière à la matière du moment de rotation $h/2\pi$. Si B est nul, on a une onde circulaire gauche et la transition correspond à la cession par la lumière à la matière du moment de rotation $-h/2\pi$. Dans le cas général (A et B quelconques), on a une polarisation elliptique.

Tout ceci est assez satisfaisant, mais le point essentiel, c'est de chercher à trouver le sens de l'onde $\varphi$ définie par (4). Au premier abord, c'est une onde à énergie négative correspondant à un corpuscule de lumière qui se déplace le long de la direction positive de l'axe des $z$ avec la vitesse $c$ et dont le spin est égal et opposé au spin de l'état initial $\Psi$. Mais il faut remarquer que $\varphi$ représente l'état *final* du corpuscule de lumière. Pour interpréter les formules (4), il faut donc dire : le corpuscule de lumière dont l'état est représenté par la fonction $\Psi$ est accompagné dans son mouvement par un « trou » d'énergie négative au sens de Dirac représenté par l'onde $\varphi$. En d'autres termes, *le photon ne serait pas un corpuscule simple : il serait formé d'un corpuscule de lumière accompagné dans son mouvement par un anticorpuscule qui serait par rapport à lui ce que l'électron positif est à l'électron négatif dans la théorie des trous de Dirac.*

En présence de la matière, le photon serait susceptible de lui céder l'énergie $h\nu$, le corpuscule de lumière tombant dans le trou qui l'accompagne grâce à la transition $\Psi \rightarrow \varphi$. On s'expliquerait ainsi pourquoi cette transition, correspondant en quelque sorte à l'annihilation du photon définirait les champs électromagnétiques.

Le photon étant ainsi formé de deux éléments de spin $1/2$ doit suivre la statistique de Bose-Einstein : ainsi se trouve levée une des difficultés soulevées par la conception que nous avions précédemment développée.

Dans le cas d'une onde $\Psi$ initiale qui ne soit pas plane et monochromatique, l'application brutale des formules admises plus haut donne des champs qui ne satisfont pas au principe de superposition. C'est là une objection d'apparence grave. Mais peut-être pourrait-on la lever si, au lieu de partir de l'équation (1) valable à notre point de vue pour l'un des constituants du photon, on pouvait trouver et prendre comme base une équation d'ondes valable pour le photon considéré *a priori* comme une particule complexe formée de deux constituants symétriques susceptibles de s'annihiler.

Faisons une dernière remarque. Dans une Note toute récente [1], M. Francis Perrin a montré que le neutrino, s'il existe, doit avoir une masse propre nulle ou du moins très petite par rapport à celle de l'électron. Néanmoins, comme le remarque M. Perrin, le neutrino n'est pas identifiable au photon puisqu'il doit avoir une action extrêmement faible sur la matière, c'est-à-dire ne pas avoir de champ électromagnétique. Ceci parait suggérer d'identifier le neutrino avec notre corpuscule de lumière de masse nulle ou négligeable défini par l'équation (1). Le neutrino isolé, c'est-à-dire non accompagné d'un antineutrino n'aurait en effet aucun champ puisqu'il ne pourrait s'annihiler. C'est seulement lorsque uni à un antineutrino il formerait un photon qu'il posséderait un champ électromagnétique. Cette idée évidemment hypothétique est assez attrayante.

M. H. **Perrier de la Bâthie** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Les Mélastomacées de Madagascar*.

## ÉLECTIONS.

M. E. **Cartan** est élu membre du *Conseil supérieur de la Recherche scientifique* par 19 suffrages, contre 18 à M. *J. Hadamard* et 1 à M. *Ch. Fabry*. Il y a 1 bulletin nul.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Raymond Decary. *L'Androy* (*Extrême Sud de Madagascar*). *Essai de monographie régionale*. II. *Histoire*, *Civilisation*, *Colonisation*.

2° *Grilles pour la Sélection et l'Orientation professionnelles* (*Aptitudes physiques*), par R. Bonnardel et H. Laugier. (Présenté par M. L. Lapicque.)

---

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1625.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les courbes admettant une ou plusieurs familles infinies de triangles circonscrits égaux entre eux.* Note de M. **Jean Loiseau**, présentée par M. M. d'Ocagne.

A propos du problème technique de vérification des pièces cylindriques de section circulaire, souvent incomplètement résolu en pratique, nous avions été amené à chercher toutes les courbes Γ auxquelles on peut circonscrire une ou plusieurs familles simplement infinies de triangles F égaux entre eux, d'angle $\alpha$, $\beta$, $\pi-\alpha-\beta$, et de hauteur $h$. L'équation de la tangente à une courbe rapportée à deux axes rectangulaires étant

$$x\cos\theta+y\sin\theta-p(\theta)=0,$$

il est facile de voir que la condition nécessaire et suffisante pour que la courbe considérée soit une courbe Γ est

$$(1)\qquad p'(\theta)-\mathrm{A}p'(\theta-\alpha)-\mathrm{B}p'(\theta-\beta)=0$$

avec $\mathrm{A}=\sin\beta/\sin(\beta-\alpha)$, $\mathrm{B}=\sin\alpha/\sin(\alpha-\beta)$.

Il reste à trouver toutes les fonctions $p'$ satisfaisant à l'équation (1).

Posons $p'(\theta)=g(\theta)$, l'équation fonctionnelle à résoudre devient

$$(2)\qquad g(\theta)-\mathrm{A}\,g(\theta-\alpha)-\mathrm{B}\,g(\theta-\beta)=0,$$

soit $g_1$ une solution de (2) et soit

$$(3)\qquad \frac{d^2g}{dt^2}+a\frac{dg}{d\theta}+bg=0$$

l'équation différentielle du deuxième ordre linéaire admettant pour solution les fonctions $g_1(\theta)$, $g_1(\theta-\alpha)$. La solution générale est

$$\mathrm{G}(\theta)=\lambda_1 g_1(\theta)+\lambda_2 g_1(\theta-\alpha),$$

$\lambda_1$, $\lambda_2$ étant des constantes. L'équation (2) montre que $g_1(\theta-\beta)$ est solution de (3).

Or

$$\mathrm{G}(\theta-\beta)=\lambda_1 g(\theta-\beta)+\lambda_2 g_1(\theta-\alpha-\beta),$$

on doit donc pouvoir déterminer $\lambda_1$ et $\lambda_2$ telles que

$$\lambda_1 g_1(\theta-\beta)+\lambda_2 g_2(\theta-\alpha-\beta)=\frac{1}{\mathrm{B}}g_1(\theta)\,\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{B}_1}g_1(\theta-\alpha),$$

quelle que soit la variable $\theta$. En remplaçant $g_1(\theta - B)$ par sa valeur, on a

$$\left(\frac{\lambda_1}{B} - \frac{1}{B}\right) g_1(\theta) + \left(\frac{\lambda_2}{B} - \lambda_1 \frac{A}{B} + \frac{A}{B}\right) g_1(\theta - \alpha) = \lambda_2 \frac{A}{B} g_1(\theta - 2\alpha),$$

on aurait une équation analogue en $g_1(\theta - 2\beta)$; il en résulte que

$$g_1(\theta - n\alpha - m\beta)$$

est solution de (3) quels que soient les nombres $n$ et $m$ entiers, positifs, négatifs ou nuls.

En calculant $a$ et $b$ au moyen des fonctions $g$ et $g_1(\theta - \alpha)$ on obtient des fonctions doublement périodiques de périodes $\alpha$, $\beta$. La solution générale de (3) est alors

$$G = C_1 g_2 + C_2 g_2 \int \frac{1}{g_2^2} e^{\int -a\,d\theta} d\theta,$$

$g_2$ étant une fonction à multiplicateurs constants des périodes $\alpha$, $\beta$ ou ses formes dégénérées. Mais $\alpha$ et $\beta$ étant réels si $a$ et $b$ sont continues et si $\alpha$ et $\beta$ sont multiples d'un même angle $\omega$, $a$ et $b$ sont l'une et l'autre fonctions périodiques de période $\omega$, sinon $a$ et $b$ sont des constantes.

Si l'on a constaté qu'une courbe $\Gamma$ admet une famille F de triangles égaux circonscrits dont les angles $\alpha$, $\beta$ sont dans un rapport incommensurable, $a$ et $b$, possèdent en outre la période $2\pi$, sont des constantes, et $g$ est par conséquent de l'une des trois formes

(I) $$g = C_1 e^{\theta x_1} + C_2 e^{\theta x_2},$$

(II) $$g = C_1 e^{x_0 \theta}(1 + C_2 \theta),$$

(III) $$g = C_1 e^{\varepsilon\theta} \cos(\delta\theta + C_2).$$

Le cercle correspond au cas III avec $\varepsilon = 0$, $\delta = \pm 1$, $\alpha$ et $\beta$ sont alors indéterminées.

En remplaçant $g$ par $ce^{\theta x}$ dans l'équation (2) on trouve une équation permettant de déterminer ou $x_1$, $x_2$, ou $x_0$, ou $\varepsilon$ et $\delta$.

Cette équation est

(4) $$y = \sin(\beta - \alpha) - \sin\beta\, e^{-\alpha x} + \sin\alpha\, e^{-\beta x} = 0.$$

Si le triangle circonscrit est isoscèle d'angle à la base $\alpha = -\beta$, on est nécessairement dans le cas III avec $\varepsilon = 0$. $\delta$ est donné par l'équation

(5) $$\cos\alpha = \cos\alpha\delta,$$

d'où $\delta = 2k\pi/\alpha \pm 1$, K étant un entier positif ou négatif, ou zéro.

S'il existe une autre famille F de triangles isoscèles circonscrits d'angle à la base $\alpha_1$, on a $2k\pi/\alpha \pm 1 = 2k_1\pi/\alpha_1 \pm 1$, d'où

$$\frac{\alpha_1}{\alpha} = \frac{k_1}{k} \quad \text{ou} \quad \frac{\alpha_1}{\alpha} = \frac{k_1}{k \pm \frac{\alpha}{\pi}}.$$

Si donc on constate l'existence d'une famille de triangles isoscèles égaux circonscrits ayant un angle à la base $\alpha_1$, incommensurable avec $\alpha$ et avec $k_1/k \pm \alpha/\pi$, la courbe est un cercle. Si l'on prend $\alpha/\pi = k_3/k_4$, $k_3$, $k_4$ étant des entiers, il suffit que $\alpha_1$ soit incommensurable avec $\pi$.

Ce qui précède donne un procédé technique de vérification de pièces de section circulaire en *trois opérations : au moyen d'un triangle tel que le rapport de deux de ses angles* $\alpha/\beta$ *soit incommensurable, d'un triangle isoscèle d'angle à la base* $\alpha$ *commensurable avec* $\pi$ *et d'un triangle isoscèle d'angle à la base* $\alpha_1$ *incommensurable avec* $\pi$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Les moments des distributions finales de la première et de la dernière valeur.* Note de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. J. Hadamard.

Pour une distribution initiale $w(x)$ illimitée dans les deux directions et pour un grand nombre N d'observations, les distributions finales ${}_1\mathfrak{w}$ de la première et $\mathfrak{w}_1$ de la dernière valeur peuvent être écrites sous une forme unique

$$(1) \qquad \mathfrak{w} = \alpha e^{\mp y - e^{\mp y}}.$$

Il faut ajouter l'indice 1 aux valeurs $\alpha$ et $y$ à gauche pour avoir la distribution de la première valeur, et à droite pour avoir la distribution de la dernière valeur, comme nous avons montré dans notre dernière Communication [1]. Pour calculer les moments d'ordre $n$ autour des espérances mathématiques des deux distributions, il suffit de calculer les moments de la distribution de la dernière valeur, qui seront exprimés au moyen de $y_1$,

$$(2) \quad \alpha_1^n \mu_{n,1} = \int_{-\infty}^{+\infty} \alpha_1^n (x - \tilde{u}_1 + \tilde{u}_1 - \bar{u}_1)^n e^{-y_1 - e^{-y_1}} dy_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} (y_1 - \gamma)^n e^{-y_1 - e^{-y_1}} dy_1$$

---

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 33.

puisque $\gamma$ est l'espérance mathématique de la dernière valeur. En introduisant une nouvelle variable $z$, définie par

$$e^{-y_1} = z, \tag{3}$$

on obtient

$$\alpha_1^n \mu_{n,1} = (-1)^n \int_0^\infty (\log z + \gamma)^n e^{-z}\, dz,$$

ce qui peut être écrit

$$\alpha_1^n \mu_{n,1} = (-1)^n \left[ \int_0^\infty (\log z + \gamma)^n e^{(\log z + \gamma)(p-1)} e^{-z}\, dz \right]_{p=1}.$$

En introduisant la fonction $\Gamma$ et en posant pour la variable de cette fonction

$$p = 1 + x$$

(expression qui n'a rien à faire avec la variable de la distribution initiale) le $n^{\text{ième}}$ moment de la distribution finale de la dernière valeur devient

$$\alpha_1^n \mu_{n,1} = (-1)^n \frac{d^n}{dx^n} [e^{\gamma x} \Gamma(1 + x)]_{x=0}.$$

En introduisant enfin

$$e^{\gamma x} \Gamma(1 + x) = f(x), \tag{4}$$

on obtient

$$\alpha_1^n \mu_{n,1} = (-1)^n f^{(n)}(0). \tag{5}$$

Réduisons ces $n^{\text{ièmes}}$ dérivées aux $n^{\text{ièmes}}$ dérivées logarithmiques. On aura, par un théorème connu d'analyse,

$$f^{(n)} = \sum_{\nu=0}^{n-1} \binom{n-1}{\nu} f^{(\nu)} \log^{(n-\nu)} f, \tag{6}$$

où les exposants entre parenthèses signifient les ordres des dérivées correspondantes. Mais les valeurs des dérivées logarithmiques de notre fonction $f(x)$ sont connues par la théorie des fonctions $\Gamma$. En effet,

$$\log' f(0) = \gamma + \left[ \frac{d \log \Gamma(1 + x)}{dx} \right]_{x=0} \tag{7}$$

s'évanouit, tandis que pour $\lambda \geqq 1$, on aura

$$\begin{cases} \log^{(\lambda+1)} f(0) = \log^{(\lambda+1)} \Gamma(1 + x)_{x=0}, \\ \qquad = (-1)^{\lambda+1} \lambda!\, S_{\lambda+1}, \end{cases} \tag{8}$$

où les facteurs $S_{\lambda+1}$ sont

$$S_{\lambda+1}=\lim_{N=\infty}\sum_{\nu=1}^{N}\frac{1}{\nu^{\lambda+1}},$$

valeurs numériques bien connues. En introduisant ces valeurs (7) et (8) dans la somme (6) on obtient, à l'aide de (5),

$$\alpha_1^n\mu_{n,1}=(-1)^n(n-1)!\sum_{\nu=0}^{n-2}(-1)^{\nu+n-\nu}\frac{\alpha_1^\nu\mu_{\nu,1}}{\nu!}S_{n-\nu}.$$

En séparant les deux premiers membres pour lesquels on a naturellement $\mu_{0,1}=1$; $\mu_{1,1}=0$, on obtient finalement

$$(9)\qquad \alpha_1^n\mu_{n,1}=(n-1)!\,S_n+(n-1)!\sum_{\nu=2}^{n-2}\frac{\alpha_1^\nu\mu_{\nu,1}S_{n-\nu}}{\nu!}.$$

Pour $\nu=2, 3, 4$ on aura les valeurs déjà calculées par M. R. A. Fischer [1] par un procédé assez laborieux.

Quant aux moments de la distribution finale de la première valeur, on les obtient en remplaçant $\alpha_1$ par ${}_1\alpha$. Le second membre de (9) reste le même pour les moments d'ordre pair et change de signe pour les moments d'ordre impair. En particulier l'écart type $\sigma=\sqrt{\mu_2}$ des deux distributions sera

$$(10)\qquad \alpha_1\sigma_1={}_1\alpha\,{}_1\sigma=\frac{\pi}{\sqrt{6}}.$$

Donc, tous les moments des distributions finales de la première et de la dernière valeur peuvent être calculés par des formules très simples.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les invariants des transformations dans le domaine de n variables complexes.* Note [2] de M. **N. Aronszajn**, présentée par M. Élie Cartan.

La Note présente fait suite à ma Note des *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1579, dont je reprendrai les notations, définitions et conventions.

Considérons les fonctions $\varphi_\sigma$ et $\psi_\sigma$ pour $s=0$ et $s=1$. Pour $s=0$ il y a

---

(1) R. A. Fischer et L. H. C. Tippett, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 24, Part 2, Cambridge, 1928, p. 180.

(2) Séance du 3 janvier 1934.

une seule fonction $\varphi_\sigma = \psi_\sigma = K(x, \overline{a})/K(a, \overline{a})$ que nous désignerons par $\varphi_0$. Pour $s = 1$ il y a $n$ fonctions $\varphi_\sigma$ que nous désignerons par $\varphi_k$ de manière que $\partial\varphi_k(a)/\partial x_k = 1$. Ces fonctions ont déjà été étudiées par M. Bergmann (**B**$_2$, *Math. Ann.*, 102).

Les fonctions $\varphi^k/\varphi_0$ forment un vecteur contravariant absolu. La transformation $\Theta(x) = (\varphi_1/\varphi_0, \ldots, \varphi_n/\varphi_0)$ représente le domaine $\mathfrak{D}$ sur un domaine appelé par M. Bergmann (**B**$_2$) domaine représentatif (Repräsentantenbereich) de $\mathfrak{D}$ par rapport à $a$. Le point $a$ est transformé par $\Theta(x)$ en $\Theta(a) = (0, 0, \ldots, 0)$. Le caractère contravariant de la transformation $\Theta(x)$ permet d'obtenir facilement plusieurs propriétés des domaines représentatifs. Ceux-ci sont caractérisés par les deux propriétés suivantes :

1° Le domaine contient l'origine dans son intérieur et n'y est pas ramifié, et 2° pour ce domaine, les fonctions $\varphi_0$ et $\varphi_k$ relatives à l'origine satisfont à l'équation $\varphi_k(x) = x_k\varphi_0(x)$.

Si $T(x)$ transforme $\mathfrak{D}$ en $\mathfrak{D}'$ et $a$ en $a'$, les domaines représentatifs de $\mathfrak{D}$ et $\mathfrak{D}'$ relatifs aux points $a$ et $a'$ se transforment l'un sur l'autre par l'affinité $u'_k = \sum_{l=1}^{n} u_l \partial t_k(a)/\partial x_l$, $u$ et $u'$ étant des points de ces domaines représentatifs. En particulier, *à toute transformation du domaine $\mathfrak{D}$ en soi laissant fixe le point a, correspond dans le domaine représentatif une affinité.*

Nous retrouvons ainsi un théorème de M. H. Cartan [1], d'après lequel on peut toujours transformer un domaine sur un autre possédant la dernière propriété du domaine représentatif.

Revenons maintenant à nos tenseurs formés par les fonctions $\varphi_\sigma$ et $\psi_\sigma$. Ils peuvent être utilisés pour former une multitude d'invariants et de nouveaux tenseurs (relatifs ou absolus) parmi lesquels on retrouve les invariants étudiés par M. Bergmann (**B**$_1$, *Math. Zeit.*, 29).

Je me bornerai à en donner un exemple qui me semble être assez remarquable. A cet effet formons, avec les fonctions $\varphi_\sigma$ et $\psi_\sigma$ relatives à un domaine $\mathfrak{D}$ et un point $a$ de $\mathfrak{D}$, les expressions

$$I_n(x, \overline{y}, a, \mathfrak{D}) = \sum \frac{1}{\gamma_\sigma} \varphi_\sigma(x)\overline{\psi_\sigma(y)} = \sum \frac{1}{\gamma_\sigma} \psi_\sigma(x)\overline{\varphi_\sigma(y)},$$

où $\gamma_\sigma = \int_{\mathfrak{D}} \varphi_\sigma(x)\overline{\psi_\sigma(x)}\,d\omega_x$, et la somme est étendue à tous les systèmes $\sigma$ avec $s = n$. $I_n$ est un invariant relatif dans ce sens que, si $T(x)$ transforme $\mathfrak{D}$

---

[1] *Journ. de Math. pures et appl.*, 10, 1931, p. 80.

en $\mathfrak{D}^1$, $a$ en $a^1$, $x$ en $x^1$ et $y$ en $y^1$, on a

$$I_n(x^1, \overline{y^1}, a^1, \mathfrak{D}^1) = I_n(x, \overline{y}, a, \mathfrak{D})\, \Delta T(x)\, \overline{\Delta T(y)}.$$

Pour $n = 0$, $I_0 = K(x, \overline{a})K(a, \overline{y})/K(a, a)$. Pour obtenir des invariants absolus on peut, par exemple, former les rapports des $I_n$ sur $I_0$.

La fonction-noyau du domaine $\mathfrak{D}$ est liée d'une manière remarquable avec les $I_n$ : $K(x, \overline{y}) = \sum_{n=0}^{\infty} I_n(x, \overline{y}, a, \mathfrak{D})$. Cette série est uniformément convergente pour $x$ et $y$ à l'intérieur de $\mathfrak{D}$.

Le domaine $\mathfrak{D}$ sera dit cerclé d'ordre $\nu$ et aux nombres caractéristiques $p_k$ et $p_{l,k}$ où $k = 1, \ldots, \nu$ et $l = 1, \ldots, n-\nu$ (les nombres $p_k$ étant entiers positifs, les $p_{l,k}$ entiers quelconques), s'il admet un groupe continu abélien des transformations en soi à $\nu$ paramètres $\theta_k$, donné par les formules $x'_k = x_k e^{ip_k\theta_k}$ pour $k = 1, \ldots, \nu$ et $x'_{\nu+l} = x_{\nu+l} e^{i\eta_l}$, où $\eta_l = \sum_{n=1}^{\nu} p_{l,k}\theta_k$ pour $l = 1, \ldots, n-\nu$. Un domaine cerclé d'ordre $\nu = n$ est un domaine de Reinhardt. Dans le cas de deux variables un domaine cerclé d'ordre 2 est un domaine de Reinhardt ordinaire, un domaine cerclé d'ordre 1 avec les caractéristiques $p_1$, $p_{1,1}$ est un domaine $(p_1, p_{1,1})$-cerclé.

Nous appellerons poids d'un système $\sigma = (m_1, \ldots, m_n)$ par rapport au paramètre $\theta_k$ la quantité $p_k(\sigma) = p_k m_k + \sum_{l=1}^{n-\nu} p_{l,k} m_{\nu+l}$.

Nous ne considérerons que des domaines cerclés contenant l'origine comme un point simple. Pour un tel domaine la fonction $\varphi_\sigma$ relative à l'origine possède un développement de Taylor $\Sigma A_{\sigma'}(x)^{\sigma'}$ qui commence par $(x)^\sigma$ et ne renferme que des monomes $A_{\sigma'}(x)^{\sigma'}$ tels que $p_k(\sigma') = p_k(\sigma)$ pour tout $k = 1, \ldots, \nu$. Pour un domaine de Reinhardt, $\varphi_\sigma = (x)^\sigma$ et $\psi_\sigma = \varphi_\sigma$. La dernière égalité reste vraie en général pour les domaines d'ordre $n-1$. Le cas exceptionnel possible est quand $\sum_{\kappa=1}^{\nu} p_{1,k}/p_k = 1$.

*Le domaine représentatif par rapport à l'origine, d'un domaine cerclé, est également cerclé avec les mêmes nombres caractéristiques.* Il y a des conditions pour les nombres caractéristiques qui entraînent le fait qu'un domaine cerclé correspondant est toujours représentatif lui-même. Un domaine de Reinhardt est toujours représentatif ($\mathbf{B}_2$).

On peut appliquer ici des résultats généraux de ma Note précédente et obtenir différents théorèmes sur le développement des fonctions régulières

dans $\mathcal{D}$ suivant les fonctions $\varphi_\sigma$, sur les transformations des domaines cerclés les uns sur les autres, etc. Nous développerons ces considérations dans un Mémoire détaillé.

Avant d'achever cette Note, remarquons que l'étude du domaine d'holomorphie d'un domaine $\mathcal{D}$ (1) est liée avec la recherche des singularités de la fonction-noyau $K(x, \bar{y})$ du domaine $\mathcal{D}$ (2). D'autre part, les « Nebenhüllen » (3) paraissent être en liaison avec l'existence d'une suite des domaines $\mathcal{D}^n$ se rétrécissant vers $\mathcal{D}$ et dont les fonctions-noyaux $K^n(x, \bar{y})$, pour $x$ et $y$ appartenant à $\mathcal{D}$, ne tendent pas vers $K(x, \bar{y})$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Procédé d'étude de la distribution des déformations élastiques dans les pièces métalliques soumises à des efforts extérieurs.* Note (4) de MM. **Albert Portevin** et **Michel Cymboliste**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Les divers procédés fournissant des renseignements sur la distribution des déformations permanentes dans les métaux (lignes de déformation visibles ou révélées par attaque, exploration ponctuelle de la dureté, déformation d'un réseau de points tracé préalablement, emploi des rayons X) sont inapplicables ou deviennent pratiquement inutilisables pour les déformations élastiques (5). Et cependant, ces dernières fournissent seules la valeur des efforts internes et sont seules à considérer dans le tracé et le calcul des pièces.

Mais on peut obtenir des données sur la répartition des déformations élastiques par le procédé suivant : l'éprouvette ou la pièce sont recouvertes d'un vernis *adhérent*, pour épouser les déformations du métal, mais assez *fragile* pour se rompre bien avant que les déformations du métal cessent d'être élastiques. Il se produit alors de très fines fissures ou craquelures, visibles sous un éclairage approprié, *normales à la direction de l'extension maximum.* Pour une sollicitation déterminée, elles apparaissent d'abord

---

(1) H. Cartan et Thullen, *Math. Ann.*, 106, 1932, p. 617.

(2) Bergmann, *Journ. f. reine u. ang. Math.*, 169, 1932, p. 1.

(3) Voir Behnke et Thullen, *Math. Ann.*, 108, 1933, p. 91.

(4) Séance du 7 août 1933.

(5) Nous ne parlons pas, pour le moment, des perspectives offertes par les procédés d'examen optique de couvertes élastiques et transparentes dont l'étude est en cours.

aux endroits de la surface soumis aux tensions les plus élevées, indiquant l'origine et traçant le trajet que suivront les fissures de fatigue du métal, et

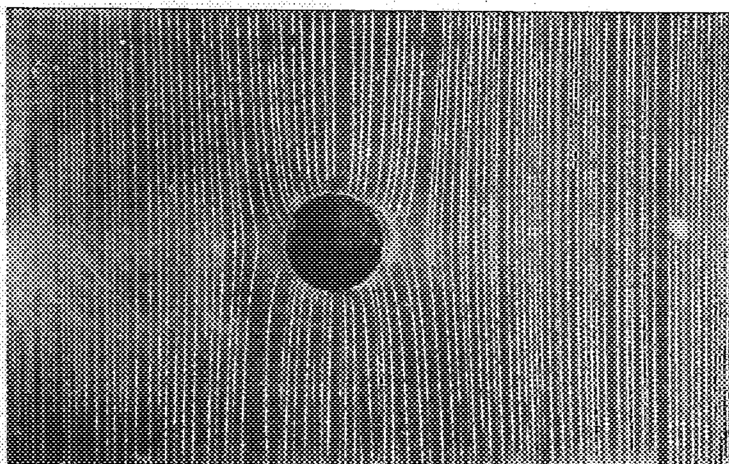


Fig. 1. — Région médiane d'une lame percée d'un trou et soumise à la flexion par deux charges appliquées symétriquement.

progressent en longueur et en nombre, sans jamais se produire dans les régions en compression.

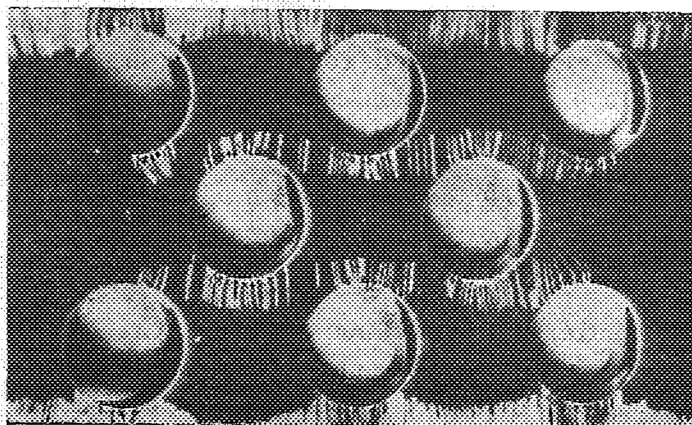


Fig. 2. — Portion d'une lame percée de nombreux trous et soumise à la traction.

Les figures 1, 2 et 3 en fournissent des exemples relatifs à l'influence de trous sur des éprouvettes soumises à la traction ou à la flexion. L'adhérence et les propriétés du vernis dépendent de la préparation de la surface

(qui était polie pour les exemples cités), de la composition (gommes et résines naturelles et synthétiques, nitrocellulose, éthers, alcools, carbures légers) et des conditions de séchage (vitesse et température) du vernis.

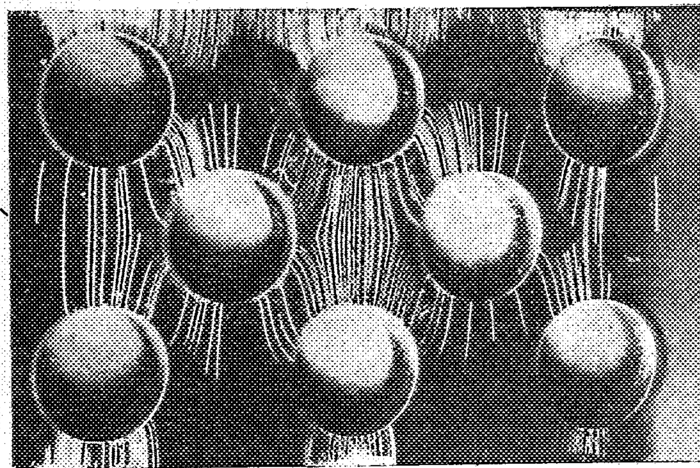


Fig. 3. — La même que précédemment soumise à la flexion par charge unique médiane.

Celles-ci doivent être choisies, pour un métal donné, suivant la température de l'essai et la sensibilité que l'on veut obtenir.

On voit, par ces exemples, que ces lignes permettent d'obtenir, le réseau des trajectoires des tensions principales : on en comprend tout l'intérêt pour le calcul et le tracé des pièces de construction et organes de machine, ainsi que pour l'étude des efforts selon les conditions et régimes d'emploi (¹).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les régimes transitoires dans le mouvement des liquides et la naissance du régime turbulent.* Note (²) de M. J. Baubiac, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons montré, en collaboration avec M. E. Crausse (³), que l'établissement du régime de Poiseuille en un point d'un système en charge est indépendant de la durée d'ouverture à condition que celle-ci soit inférieure

(¹) D'après Otto Dietrich et Ernest Lehr (*Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 76, nº 41, 8 octobre 1932), la firme Maybach utilise un procédé analogue, mais elle ne donne absolument aucun renseignement sur les conditions et le mode opératoire et refuse d'ailleurs de fournir la laque inconnue dont elle se sert.

(²) Séance du 3 janvier 1934.

(³) E. Crausse et J. Baubiac, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 466.

à une certaine valeur. Nous sommes arrivé ainsi à la notion de régime transitoire spécifique caractérisant un ouvrage et un liquide déterminés.

Nous avons étendu cette notion aux régimes transitoires aboutissant au régime turbulent.

Le système en charge est constitué par un tube lisse, cylindrique, horizontal, muni à une distance de son extrémité amont égale à 60 fois le

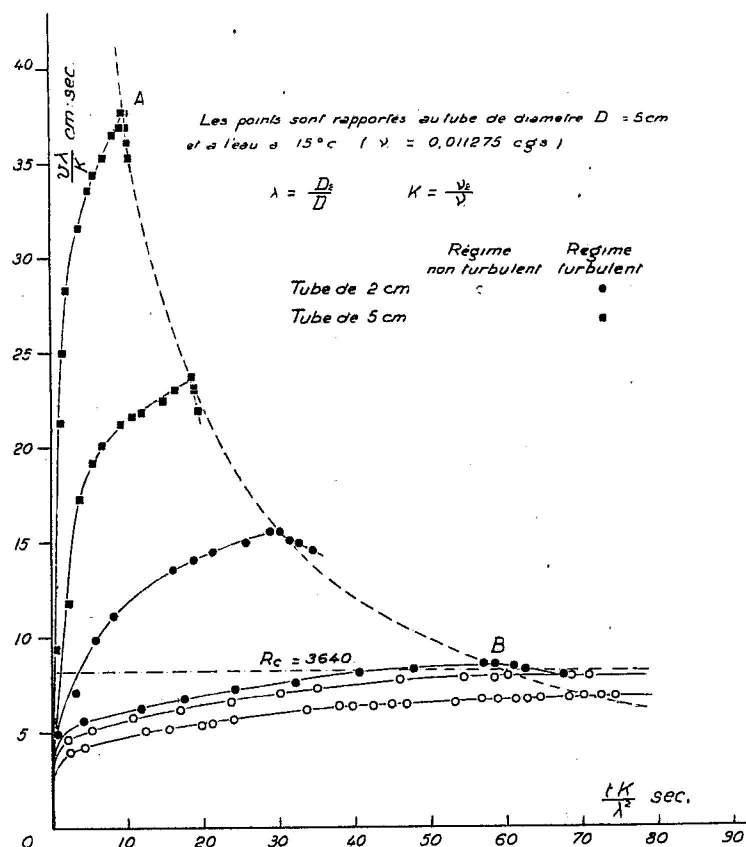



Fig. 1. — Courbes de variation de la vitesse en un point en fonction du temps pour divers nombres de Reynolds.

diamètre, d'une paroi transparente permettant de déterminer à divers instants la répartition des vitesses à l'intérieur. A l'extrémité aval, est placé un orifice circulaire en mince paroi et un bouchon obturateur permet d'effectuer des ouvertures rapides. La charge au-dessus de l'axe du tube est réglée de telle façon que le régime permanent atteint corresponde au régime turbulent. A partir du moment où l'ouverture est effectuée, la

vitesse sur l'axe du tube croît d'abord rapidement, passe par un maximum puis décroît lorsque le régime turbulent apparaît. Pour des nombres de Reynolds assez élevés, le régime turbulent se produit brusquement avec uue grande turbulence, ce changement d'aspect de l'écoulement est caractérisé par une baisse rapide de la vitesse au point étudié (*fig.* 1, point A).

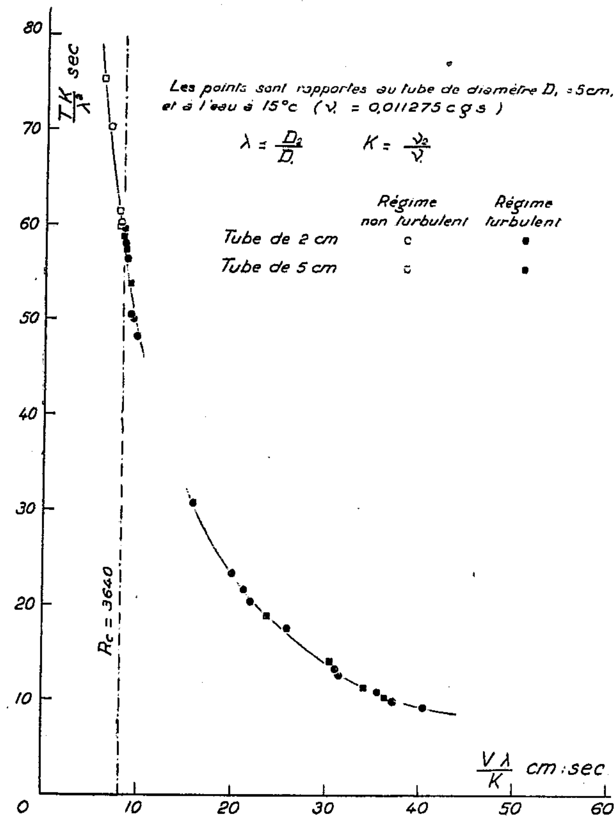



Fig. 2. — Courbe de similitude des durées d'établissement du régime turbulent en fonction du nombre de Reynolds.

Pour de faibles nombres de Reynolds au contraire, le régime turbulent se manifeste par une baisse lente de la vitesse au point étudié et par des irrégularités dans la répartition des vitesses autour de ce point sans changement d'apparence du régime. Les filets restent parallèles pendant un certains temps, la vitesse au point étudié continue à décroître d'une façon irrégulière jusqu'au moment où se produit l'aspect du régime turbulent avec enchevêtrement des filets (*fig.* 1, point B). On constate que :

1° La valeur du maximum de vitesse en régime non turbulent et la

durée nécessaire pour atteindre ce maximum sont indépendantes de la durée d'ouverture à condition que celle-ci soit suffisamment courte;

2° La loi de similitude de Reynolds s'applique à ces durées (*fig.* 1 et 2).

Nous avons utilisé, dans nos expériences, deux tubes semblables de diamètres 2 et 5$^{cm}$ et de l'eau à diverses températures (8 à 17° C.).

*Conclusion.* — Les résultats que nous venons de résumer permettent de conclure que pour des points homologues des tubes étudiés, il existe un nombre de Reynolds critique ($R_c = 3640$) au-dessus duquel, au cours d'un régime transitoire spécifique, on voit apparaître le régime turbulent au bout de durées bien déterminées. Ces durées sont d'autant plus courtes que les nombres de Reynolds atteints sont plus élevés.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur l'excentricité des étoiles doubles à très longue période.* Note (¹) de M. **D. Barbier**, transmise par M. Ernest Esclangon.

1. Nous nous proposons d'examiner trois méthodes permettant d'obtenir des renseignements sur les excentricités des étoiles doubles à longue période dont l'orbite est encore inconnue. L'une des méthodes est due à Russell, les deux autres sont nouvelles. Toutes trois supposent à priori que toutes les anomalies moyennes sont également probables. Cette hypothèse n'est vraisemblablement vérifiée que d'une manière assez grossière ainsi que nous l'avons vu autre part (²), car il se produit une sélection des systèmes binaires, qu'on peut étudier, d'après leurs anomalies moyennes. La méthode que nous avons proposée précédemment (²) et qui ne nécessite pas cette hypothèse n'est malheureusement applicable qu'à un nombre assez réduit de couples. Nous pensons toutefois que l'application successive de deux des méthodes suivantes faisant intervenir d'une manière différente l'anomalie permet d'obtenir un contrôle des résultats.

2. Russell détermine pour chaque valeur de l'excentricité la répartition de la variable que nous avons appelée $\omega$ et qui est la cotangente de l'angle formé par les projections sur le plan tangent à la sphère céleste du rayon vecteur et de la tangente à l'orbite. Il n'a pas exposé les détails de sa méthode, non plus que ses formules qui sont d'ailleurs faciles à rétablir.

---

(¹) Séance du 3 janvier 1934.

(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1635; **193**, 1931, p. 709.

En réduisant $\omega$ à sa valeur absolue, car la répartition est symétrique par rapport à $\omega = 0$, et, en posant $n^2 = e^2/1 - e^2$, on trouve pour la répartition :

$$\Omega_\eta(\omega) = \frac{2}{\pi} \operatorname{Log}_e \frac{\eta}{\sqrt{1+\eta^2}-1} = \text{const.} \qquad \text{si } \omega < \eta,$$

$$\Omega_\eta(\omega) = \frac{2}{\pi} \operatorname{Log}_e \frac{\omega\sqrt{1+\eta^2} - \sqrt{\omega^2-\eta^2}}{\left[\sqrt{1+\eta^2}-1\right]\sqrt{1+\omega^2}} \qquad \text{si } \omega > \eta.$$

Pour $e = 0$, ces formules deviennent

$$\Omega_0(\omega) = \frac{1}{\pi} \operatorname{Log}_e\left(\frac{1+\omega^2}{\omega^2}\right).$$

La comparaison de la répartition observée de $\omega$ pour un ensemble de couples avec les répartitions calculées pour diverses valeurs de $e$ fait connaître une valeur hypothétique moyenne de l'excentricité des étoiles considérées. La meilleure manière de procéder nous paraît être la suivante. Soit $\varphi(\eta)$ la répartition de $\eta$ d'où l'on peut déduire celle de $e$ et soit $\Omega(\omega)$ la répartition observée de $\omega$, on a

$$\Omega(\omega) = \int_0^\infty \varphi(\eta)\, \Omega_\eta(\omega)\, d\eta.$$

En remplaçant l'intégrale par une somme finie on peut déterminer le nombre de couples tels que $\eta$ ou $e$ soient compris entre des limites données. Ce qui précède a été appliqué à 183 couples déjà étudiés par notre méthode complète ([1]). On a trouvé la répartition suivante :

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $e$........... | 0 | | 0,3 | | 0,5 | | 0,7 | | 0,9 | | 1,0 |
| N pour 100... | | −32 | | +30 | | +101 | | +2 | | −1 | |

Les nombres négatifs sont dépourvus de sens, la valeur très importante (non accidentelle) du premier montre que l'hypothèse sur la répartition des anomalies moyennes n'est pas satisfaite. On déduirait de ce tableau, en tenant compte des nombres négatifs,

$$\bar{e} = 0,686, \qquad \sqrt{\overline{e^2}} = 0,638.$$

3. On peut développer une méthode analogue pour la variable

$$\sigma = 1 - \frac{\rho''}{\theta\rho'^2}.$$

---

([1]) Résultats non encore publiés.

On a

$$\Sigma(\sigma) = \frac{1-e^2}{2\pi^2}\int\int_D \frac{\sin^2\varphi\, d\varphi\, du}{\sqrt{1-\frac{\sigma(1-e^2)\sin^2\varphi}{1-e\cos u}}},$$

le domaine D est défini par

$$0 < \varphi < u, \qquad 0 < u < \pi, \qquad \frac{\sigma(1-e^2)\sin^2\varphi}{1-e\cos u} < 1.$$

La fonction $\Sigma(\sigma)$ a des expressions différentes suivant que $\sigma$ est compris dans l'un ou l'autre des intervalles

$$0 - \frac{1}{1+e} - \frac{1}{1-e} - \infty.$$

Les calculs sont d'ailleurs assez longs et l'on n'a pas dressé une table complète de cette fonction. La comparaison avec la répartition observée pour les 183 couples ci-dessus montre que leur excentricité moyenne doit être de l'ordre de 0,5 à 0,7. Cette méthode ne semble pas avoir une bien grande utilité, le nombre des couples pour lesquels on peut déterminer $\rho''$ étant très réduit et notre méthode complète qui s'applique alors est préférable.

4. La méthode suivante semble plus intéressante. Elle est basée sur l'étude de la répartition de la variable $\tau = 4\pi^2 M \varpi^3/\rho^3\theta'^2$, où M et $\varpi$ sont la masse d'un système et sa parallaxe. La répartition observée devra être corrigée par une méthode analogue à celles qui servent pour corriger une répartition de parallaxes. On obtient

$$T(\tau) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{1-e^2}\,\pi^2\tau^{\frac{3}{2}}}\int_0^{u_0} du \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{1-\cos^2\varphi_0\sin^2\psi}{\sqrt{1-\frac{\cos^2\varphi_0}{2}\sin^2\psi}}\, d\psi$$

avec

$$\sin^2\varphi_0 = \frac{1-e\cos u}{(1-e^2)\tau}, \qquad \cos u_0 = \frac{1-(1-e^2)\tau}{e} \qquad \text{si } \frac{1}{1+e} < \tau < \frac{1}{1-e}$$

ou

$$u_0 = \pi \qquad \text{si } \tau > \frac{1}{1-e}.$$

La fonction T est identiquement nulle pour $\tau < 1/1+e$. Il a été dressé une table de cette fonction. La méthode n'a pas encore été appliquée.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Photographies des variations d'éclat de l'étoile* RS *Ophiuchi*. Note de M^me **G. Camille Flammarion** et M. **F. Quénisset**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les 10 et 11 août 1933, M. Eppe Loreta, de Bologne, observant la variable Y Ophiuchi, fut surpris de voir à l'ouest de celle-ci, à la seconde de ces dates, le 11, une étoile qu'il n'aurait pu manquer de remarquer la veille (10 août), si elle n'avait été d'un éclat inférieur à la magnitude 7,5. Or, le 11 août, il évalua sa magnitude à 5,8, puis à 4,3 le 12. Ainsi, en quelques jours, la lumière de cette étoile devint 500 fois plus intense. Puis, elle décrut graduellement à la magnitude 5,1 le 13 août; à 5,8 le 14; à 6,2 le 15. Cette étoile est la variable irrégulière RS Ophiuchi dont les fluctuations lumineuses ont été spécialement étudiées par Miss W. P. Fleming, en 1901, d'après les photographies du *Henry Draper Memorial*, dans lequel cette étoile est cataloguée sous le n° 162214. D'autre part, Schönfeld, dans l'extension australe du *Bonn Durchmunsterung* lui a attribué une magnitude de 9,5 (c'est B. D. — 6°, 4661).

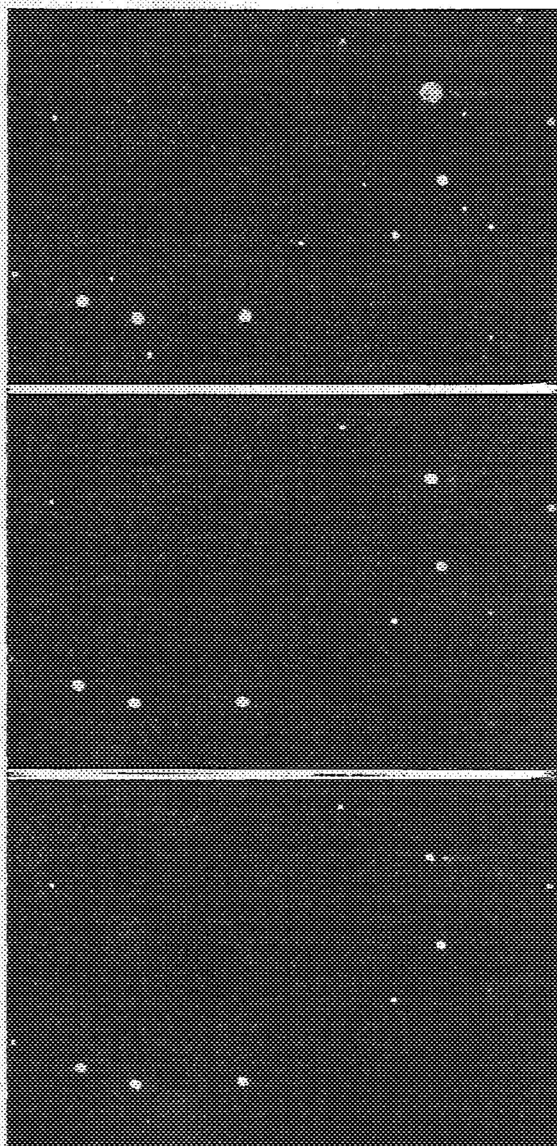
D'après E. C. Pickering [1] elle passa de la magnitude 10,81 le 31 mai 1898 à la magnitude 7,69 le 30 juin suivant. Son spectre était celui d'une Nova (raies d'émission de l'hydrogène jusqu'à Hε). Le 8 octobre 1898, elle était revenue à la magnitude 10,81 du mois de mai précédent, et fut cataloguée comme Nova Ophiuchi n° 3; Grey la note de 11^mgn,0 le 15 juin 1914 et Eaton de 11,5 le 29 janvier 1920. Depuis 1921, elle n'a, d'après Peltier, subi que de rares et faibles variations d'éclat n'excédant pas une demi-magnitude autour de 11,1.

Shapley a construit sa courbe de fluctuations lumineuses (magnitudes photographiques) de 1892 à 1915, montrant les irrégularités qu'il attribue aux irrégularités des nuages nébuleux à travers lesquels RS Ophiuchi se déplace.

Cette étoile présentant un grand intérêt, nous avons photographié ses variations d'éclat depuis août jusqu'à octobre 1933 à l'Observatoire de Juvisy. Sa couleur étant rougeâtre, sa magnitude photographique est inférieure à sa magnitude visuelle (indice de couleur positif). Nous avons évalué les magnitudes suivantes : 8,0 le 26 août; 9,0 le 14 septembre et 10,0 le 13 octobre 1933. En combinant ces résultats avec les observations faites par

---

(1) *Harvard College*, n° 99, 1905.



Photographies des variations d'éclat de l'étoile RS Ophiuchi.
Le 26 août 1933 de $21^h48^m$ à $22^h28^m$ (Pose : $0^h40^m$).
Le 14 septembre 1933 de $20^h55^m$ à $21^h40^m$ (Pose : $0^h45^m$).
Le 13 octobre 1933 de $19^h25^m$ à $20^h5^m$ (Pose : $0^h40^m$).
Le temps de pose étant à très peu près le même montre nettement, par les images des étoiles faibles, l'influence de l'absorption et de l'état atmosphériques.
Objectif Triplet Zeiss $d = 0^m,173$; $f = 1^m,200$. Agrandissements de 9 fois les phototypes.
Observatoire Flammarion, Juvisy. Phot. F. Quénisset.

M. Loreta, à Bologne, et par M. J. Ellsworth à l'Observatoire de Lyon, nous avons construit la courbe de lumière montrant les variations de cette étoile observées pendant ces deux mois.

Il est extrêmement rare qu'une Nova présente un second accroissement d'éclat, surtout de cette amplitude (23 fois plus intense en 1933 que le précédent, en 1898). Le seul autre exemple connu est celui de l'étoile T Pixydis, dont l'éclat normal est de magnitude 15, et qui a présenté des maxima supérieurs à la magnitude 8 à trois reprises, en 1890, 1902 et 1920.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le fonctionnement de la bigrille changeuse de fréquence.* Note de MM. Maurice Lambrey et S. Krauthamer, présentée par M. Charles Fabry.

Bien que le montage de la bigrille en changeuse de fréquence soit actuellement presque périmé, il ne semble pas que l'on soit parfaitement d'accord sur le principe de son fonctionnement.

Considérons un montage dans lequel la génération d'oscillations locales s'opère par couplage inductif entre self de plaque et circuit oscillant de grille interne. Il est facile de constater expérimentalement qu'une variation de la tension de polarisation de grille externe produit d'importantes modifications de l'amplitude d'oscillation sur la grille interne. La variation est souvent linéaire de sorte que la bigrille paraît pouvoir être une excellente modulatrice.

Si maintenant nous passons au fonctionnement en superhétérodyne, nous pouvons calculer l'amplitude du courant de battement, de pulsation $|\omega' - \omega|$, qui prend naissance dans le circuit plaque lorsque l'on crée sur la grille interne une différence de potentiel engendrée localement, de pulsation $\omega'$, tandis que sur la grille externe se trouve appliquée la tension, correspondant à l'onde à recevoir, de pulsation $\omega$. En utilisant les résultats de l'alinéa précédent, *et en admettant le régime permanent toujours atteint*, on trouve un ordre de grandeur en accord avec les résultats expérimentaux. Certains auteurs attribuent, selon ce mode de raisonnement, la génération du courant de battement à une modification, sous l'influence du potentiel instantané de grille externe, du régime oscillatoire de grille interne.

Une telle hypothèse est cependant à rejeter car la perturbation est ici un phénomène franchement sinusoïdal dont la fréquence est tout à fait du même ordre que celle du phénomène permanent qu'on lui suppose per-

turber. On doit donc admettre que, dans la bigrille changeuse de fréquence, *la variation* HF *du potentiel instantané de grille externe ne change rien au régime oscillatoire de grille interne.*

Les deux tensions $u_1 = U_1 \cos\omega t$ (grille externe) et $w_1 = W_1 \cos\omega t$ (grille interne) sont donc pratiquement indépendantes et le courant de battement résulte de l'apparition, dans l'expression du courant plaque d'un terme en $u_1 w_1$. Pour toutes les lampes étudiées, dans tout le domaine d'utilisation normale, les caractéristiques statiques sont courbes. Si la tension plaque est relativement élevée $v > 40$ volts et les tensions grille $u$ et $w$ voisines de zéro (de $-2$ à $+2$ volts), on peut écrire sensiblement, pour le courant plaque $i = ax^2 + bx + c$ avec $x = v + ku + k'w$. Mais cette équation ne peut convenir pour $v < 40$ volts, où $w$ est notablement différent de zéro. En particulier $\partial^2 c/\partial u\, \partial w$, qui cesse d'être une constante, croît quand $u$ décroît, quand $v$ décroît. Elle dépend aussi un peu de $w$.

Restant tout d'abord dans le cadre de la formule parabolique le terme dont résulte le battement est $2akk' U_1 W_1 \cos\omega t \cos\omega' t$. Mais on peut aussi penser que, par capacité entre électrodes, une tension $u_2 = U_2 \cos\omega' t$ passe de la grille interne à la grille externe, ou encore qu'une tension $w_2 = W_2 \cos\omega t$ passe de la grille externe à la grille interne. Il en résulterait des termes $2ak^2 U_1 U_2 \cos\omega t \cos\omega' t$, $2ak'^2 W_1 W_2 \cos\omega t \cos\omega' t$. En réalité, ces termes, dont nous avons expérimentalement établi l'ordre de grandeur, sont beaucoup moins importants que celui en $kk' U_1 W_1$.

On obtient, dans le cas général, une bonne approximation dans l'évaluation du courant de battement en considérant *que la lampe amplifie une très faible tension sinusoïdale* $u_1 = U_1 \cos\omega t$, *ses constantes étant considérablement modifiées, avec la pulsation* $\omega'$ *par déplacement du point de fonctionnement sous l'influence du potentiel instantané de grille interne.*

Dans le cas d'une impédance d'utilisation petite, où nous nous sommes placés expérimentalement, on démontre facilement que l'amplitude du courant de battement est égale à $1/2\,(\partial^2 i/\partial u\, \partial w)_{\text{statique}}\, U_1 W_1$. Le tableau suivant réunit un petit nombre de nos résultats expérimentaux. Le degré d'accord est celui que l'on peut espérer en adoptant pour $\partial^2 i/\partial u\, \partial w$ des valeurs moyennes, en réduisant l'oscillation de grille interne à son terme fondamental, etc. Il en résulte que la théorie de l'alinéa précédent, quelquefois présentée comme simpliste, est celle qui, sans donner prise à quelque objection logique, conduit quantitativement aux meilleurs résultats.

| Lampe A 441 N. | $\omega = 1,93.10^6$. | | $\omega' = 2,05.10^6$. | | | $U_1 = 18\sqrt{2}$ mv. | | | $W_1 = 3\sqrt{2}$ volts. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_0$ (volts)........ | 20 | 20 | 20 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 80 | 80 | 80 |
| $U_0$ (volts)........ | + 3 | +1,5 | 0 | + 3 | +1,5 | 0 | −1,5 | − 3 | + 3 | 0 | − 3 |
| $W_0$ (volts)....... | +1,5 | +1,5 | +1,5 | +1,5 | +1,5 | +1,5 | +1,5 | +1,5 | +1,5 | +1,5 | +1,5 |
| $\frac{\partial^2 i}{\partial u\, \partial w}$ moyen (1) (mA/volt²)..... | 0,031 | 0,050 | 0,071 | 0,023 | 0,034 | 0,040 | 0,046 | 0,052 | 0,020 | 0,025 | 0,030 |
| Battement (en μA). calc.. | 1,19 | 1,91 | 2,71 | 0,88 | 1,30 | 1,53 | 1,76 | 1,97 | 0,76 | 0,96 | 1,15 |
| Battement (en μA). obs... | 0,92 | 1,44 | 2,0 | 0,72 | 0,96 | 1,28 | 1,46 | 1,66 | 0,64 | 0,96 | 1,08 |

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude expérimentale de la décharge électrique*. Note de M. **Ilie C. Purcaru**, présentée par M. Paul Janet.

Nos recherches (2) ont eu pour but l'étude de la décharge d'un condensateur de faible capacité et de la structure de l'étincelle correspondante.

Des travaux antérieurs (3) avaient déjà montré que, suivant les valeurs de la capacité, de la self-induction et de la résistance du circuit, l'étincelle pouvait prendre quatre formes typiques : ordinaire, continue, intermittente et oscillante.

Nous avons cherché à obtenir une analyse plus profonde du phénomène lumineux en le photographiant sur un film à déplacement très rapide, ce qui a nécessité la mise au point du dispositif expérimental suivant :

L'étincelle jaillit entre les pôles d'un éclateur relié à des bouteilles de Leyde alimentées soit par une bobine d'induction, soit par une machine de Wimshurst. On peut intercaler dans le circuit des bobines, ou des résistances constituées par des tubes remplis d'eau plus ou moins acidulée.

Pour avoir une étincelle rectiligne, jaillissant à peu près constamment entre deux points déterminés, nous avons adopté, après de nombreux essais, des pôles en forme d'ellipsoïdes de révolution (grand axe $= 100^{mm}$; petit axe $= 40^{mm}$), soigneusement nettoyés après chaque série d'expériences; la plupart des essais ont été faits avec des électrodes de zinc.

L'étincelle éclaire une fente dont l'image est projetée à l'aide d'un dispositif optique approprié sur un film fixé soit à la périphérie, soit sur la

(1) Calculé entre $w = -2,5$ et $w = 5,5$ volts.

(2) Ilie C. Purcaru, *Thèse*, 1933; *Cartea Romanesca*, Bucarest.

(3) Feddersen, *Pogg. Annalen*, 115, 1862, p. 513; Schuster et Hemsalech, *Proc. Roy. Soc.*, 64, 1899, p. 331, et *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 193, 1899, p. 189.

surface latérale d'un disque mobile autour de son axe. Dans le premier cas, la vitesse de déplacement du film est égale à la vitesse tangentielle du disque; dans le second cas, on peut calculer la vitesse de chaque point du film en déterminant sa distance à l'axe.

Au cours de nos recherches, deux disques de diamètres différents ont été utilisés, l'un en acier spécial ($d = 36^{cm}$), l'autre en bois ($d = 120^{cm}$) constitué par des plaques de tilleul collées entre elles avec de la caséine. Alors que le premier ne nous donnait qu'une vitesse tangentielle maximum de $54^{m},6$ par seconde, le second nous a permis d'atteindre $200^{m}$ par seconde. Une telle vitesse exige un montage particulièrement soigné (roulements à billes, centrage précis, supports en béton armé) afin d'éviter les trépidations et les vibrations qui pourraient nuire à la netteté des clichés.

De plus, il faut que les films fixés à la périphérie du disque supportent sans se déformer la vitesse maximum à laquelle tourne le disque. Pour le disque de petit diamètre, il suffisait de coller les bords du film et ses extrémités, puis d'appliquer sur les bords deux cercles en laiton solidement vissés au disque. Aux grandes vitesses réalisées avec le disque de plus grand diamètre il a fallu sectionner le film en plusieurs morceaux et fixer chacun d'eux comme précédemment. Après de nombreux essais, nous sommes arrivés à obtenir une adhérence suffisante.

Les différents appareils (bobine, machine, bouteilles de Leyde, moteur, etc.) ont été enfermés dans une série de chambres noires de façon à éviter tout phénomène lumineux autre que l'étincelle à photographier.

Dans ces conditions, il nous a été possible de faire une série d'expériences, à différentes vitesses de rotation et en faisant varier, d'une part la capacité, la résistance, la self-induction, d'autre part la distance explosive.

Ayant employé des capacités beaucoup plus faibles que celles utilisées par Schuster et Hemsalech (0,00284 à 0,013 $\mu$F dans nos expériences) et une vitesse de déplacement plus grande (180 à $200^{m}$ par seconde), les clichés que nous avons obtenus nous ont montré que l'étincelle avait une structure plus complexe que celle trouvée par les auteurs précédents; les étincelles partielles de chaque décharge ont pu être nettement séparées.

L'examen des photographies nous a permis de faire les principales constatations suivantes :

1° L'étincelle est généralement composée d'une décharge initiale suivie d'une série d'étincelles partielles; la première, qu'on croyait composée de un ou au plus deux traits de feu, présente un caractère plus complexe et peut se décomposer en plusieurs étincelles se succédant très rapidement.

2° La décharge peut se faire, soit par des étincelles traversant tout l'espace compris entre les pôles de l'éclateur (étincelles principales), soit par des étincelles ne traversant qu'une partie de cet espace (étincelles partielles), soit par un mélange des deux. On ne voit jamais deux étincelles partielles jaillir en même temps des deux pôles opposés. Il peut arriver que plusieurs étincelles partielles jaillissent successivement d'un même pôle avant de jaillir du pôle opposé, même quand la décharge prend une allure oscillante. Le nombre des étincelles jaillissant de l'électrode négative est en général plus grand que celui des étincelles jaillissant de l'électrode positive.

3° Souvent, l'étincelle principale initiale est précédée d'une étincelle réduite, de plus faible intensité, ne couvrant qu'une partie de l'espace compris entre les pôles de l'éclateur.

4° Dans certains cas, la décharge se fait par une série d'étincelles de même intensité et pouvant jaillir indistinctement d'un pôle ou de l'autre.

5° En faisant croître la résistance, on passe de l'étincelle ordinaire à l'étincelle continue puis à l'étincelle intermittente.

6° L'introduction d'une self-induction dans le circuit de décharge modifie complètement la structure de l'étincelle; sa durée totale devient beaucoup plus longue; les étincelles partielles sont moins intenses; leur image est plus floue et ne permet pas de voir nettement l'alternance des pôles; le phénomène ne présente pas de périodicité bien définie; l'intensité ne décroît pas constamment mais présente en général plusieurs maxima.

En résumé, la décharge d'un condensateur de faible capacité par une étincelle paraît être un phénomène capricieux; s'il est établi que les variations de la résistance, de la self-induction, de la capacité du circuit ainsi que de la distance explosive modifient la structure de l'étincelle, il semble que celle-ci puisse être influencée par d'autres causes que de nouvelles recherches pourront mettre en évidence.

ÉLECTROCHIMIE. — *Conductibilité des liquides isolants ou peu conducteurs en couches minces. Variations avec la température.* Note de M<sup>lle</sup> **Thérèse Meyer**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Pour étudier la conductibilité des liquides peu conducteurs, il faut les soumettre à un champ très intense (de l'ordre de $10^5$ volts/cm). J'ai choisi des couches de liquides assez minces pour n'être pas obligée d'employer des différences de potentiel trop grandes.

La couche mince est située entre deux électrodes planes et parallèles. Les électrodes sont des cylindres en acier inoxydable, les faces en regard, circulaires, de $1^{cm}$ de diamètre sont optiquement travaillées. L'un des cylindres est fixe, l'autre suspendu par un fil souple à un levier peut être amené sans heurt sur des cales calibrées de quartz ou de mica posées sur l'électrode fixe. Le tout plonge dans le fluide étudié.

Un montage potentiométrique permet d'appliquer une tension variant de 0 à 750 volts. La couche liquide est en série avec une résistance de $5.10^4$ ohms et un galvanomètre donnant une déviation de $1^{mm}$ pour $10^{-7}$ ampère.

2. Si l'on applique une tension continue entre ces deux électrodes situées dans l'air, aucun courant ne passe si la différence de potentiel n'atteint pas le potentiel de rupture pour une valeur donnée de l'épaisseur. Dans tous les liquides étudiés, la tension de rupture est plus élevée que celle de l'air, mais on observe un faible courant de conductivité quel que soit le potentiel appliqué. J'ai fait des mesures, à température ordinaire, pour des épaisseurs liquides de 20 microns. On obtient les ordres de grandeurs suivants pour les conductibilités spécifiques exprimées en inverses d'ohms :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Huile de vaseline......... | $8.10^{-13}$ | Pinène.................. | $3.10^{-12}$ |
| Décaline................. | $8.10^{-13}$ | Tétrachloréthane......... | $4.10^{-10}$ |
| Benzène.................. | $10^{-12}$ | Chlorobenzène............ | $5.10^{-10}$ |
| Tétrachlorure de carbone... | $10^{-12}$ | Chloroforme anesthésique.. | $6.10^{-10}$ |
| Toluène.................. | $1,3.10^{-12}$ | Aniline.................. | $2.10^{-8}$ |
| Xylène................... | $1,8.10^{-12}$ | Glycol................... | $4,5.10^{-8}$ |
| Oxyde d'éthyle........... | $2.10^{-12}$ | Glycérine................ | $5.10^{-8}$ |
| Dichloréthylène.......... | $2.10^{-12}$ | Acétone.................. | $6.10^{-6}$ |
| Trichloréthylène......... | $2.10^{-12}$ | Alcool éthylique à 95°..... | $2.10^{-4}$ |

3. Ces nombres ont été obtenus sur des produits commerciaux, mais des expériences faites sur la benzine, la décaline, le pinène desséchés sur du sodium et distillés n'ont pas donné des résultats bien différents. L'eau joue un rôle beaucoup moins important qu'on ne le penserait à priori : de l'eau présente dans l'huile de vaseline modifie très peu sa conductibilité, elle a une grosse influence seulement si elle est au contact des électrodes. Quelques gouttes d'eau simplement distillée dissoutes dans $30^{cm^3}$ de glycérine changent relativement peu sa conductibilité.

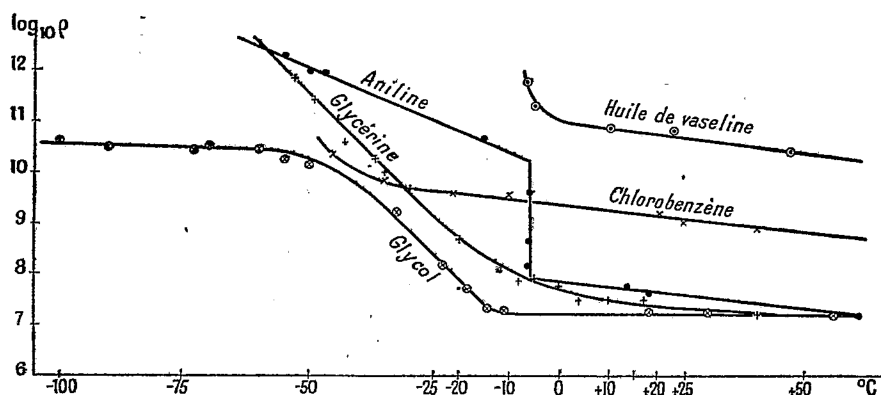
En général, la résistivité décroît quand le courant croît et varie avec l'épaisseur.

4. On pouvait penser que la conductibilité ionique augmenterait beau-

coup avec la température puisque l'ionisation et l'agitation thermique augmentent toutes deux.

Nous avons tracé des courbes donnant le logarithme de la résistivité (exprimée en ohms.cm²/cm) en fonction de la température (en degrés centigrades).

Pour l'*huile de vaseline* et le *chlorobenzène*, la pente de la courbe, faible




pour le liquide, augmente au voisinage de la solidification (— 5°; — 45°C.).

La conductibilité de l'*aniline* liquide décroît peu avec la température, elle diminue brusquement à la solidification (— 6°C.), et décroît de nouveau un peu pour le solide. Pour le *glycol* liquide, la variation est négligeable dans le domaine étudié, il y a une décroissance assez brusque au voisinage de la solidification (— 11°C.) et au-dessous, pour arriver à une faible décroissance vers — 40°C. Remarquons que l'aspect des deux liquides est différent : l'aniline est nettement cristallisée en aiguilles, le glycol est pris en masse vitreuse.

La *glycérine* présente une courbe d'allure plus molle; comme les autres propriétés, la conductibilité indique que ce corps est vitreux (c'est-à-dire pâteux) jusqu'à des températures inférieures à — 60°C.

5. La variation, avec la température, de la conductibilité de tous ces *liquides* est très faible, comparable à une variation de viscosité, et tout à fait analogue pour les liquides isolants et pour les faibles conducteurs. Les ions du liquide lui-même joueraient donc un rôle très peu important : cette conductibilité pourrait être due à l'ionisation, presque totale dès la liquéfaction, des impuretés. La quantité d'impuretés, le verre dissous par exemple, est plus grande dans un liquide polaire et expliquerait les différences de grandeur des conductibilités.

La conductibilité du *solide* décroît quand on abaisse sa température et devient inférieure à $10^{-12}$ pour toutes les substances citées (sauf le glycol) et pour la glace. Cette conductibilité peut être en partie attribuée à des ions dus aux impuretés.

OPTIQUE. — *Mesures d'indices de l'eau par une méthode interférentielle.* Note [1] de M<sup>lle</sup> O. Jasse, présentée par M. Ch. Fabry.

La méthode interférentielle de mesure des indices de liquides [2] consistant à comparer les longueurs optiques de deux épaisseurs égales, l'une prise dans le liquide à étudier, l'autre dans l'air, a été appliquée à la mesure de l'indice de l'eau distillée à diverses températures comprises entre 0 et 94°. A cet effet, on a observé les deux systèmes d'anneaux à l'infini produits par le passage d'une lumière monochromatique à travers la même lame à faces parallèles limitée par des argentures transparentes et constituée sucessivement par de l'air, puis par de l'eau.

Le tableau suivant donne les indices de l'eau par rapport à l'air à la même température et à 760$^{mm}$ pour les quatre radiations du mercure $\lambda$ 579, $\lambda$ 577, $\lambda$ 546 et $\lambda$ 436. Grâce à la grande précision dont cette méthode est susceptible, les erreurs sont inférieures à deux unités de la 6$^e$ décimale aux températures ordinaires; l'erreur s'accroît avec l'élévation de la température; elle atteint quatre fois cette valeur vers 90°.

| Température. | $\lambda = 579$. | $\lambda = 577$. | $\lambda = 546$. | $\lambda = 436$. |
|---|---|---|---|---|
| 0,00° | – | – | 1,335443 | – |
| 0,03 | 1,334277 | 1,334348 | 1,335441 | 1,341218 |
| 3,85 | 1,334237 | 1,334308 | 1,335399 | 1,341171 |
| 5,71 | – | – | 1,335352 | 1,341120 |
| 5,76 | 1,334187 | 1,334256 | 1,335345 | 1,341116 |
| 6,55 | 1,334163 | 1,334232 | 1,335324 | 1,341090 |
| 6,63 | – | – | 1,335318 | 1,341085 |
| 7,88 | – | – | 1,335269 | 1,341035 |
| 8,09 | – | – | – | 1,341031 |
| 8,52 | 1,334079 | 1,334148 | 1,335241 | 1,341006 |
| 8,85 | 1,334067 | 1,334140 | 1,335230 | 1,340993 |
| 9,15 | 1,334048 | 1,334118 | 1,335211 | 1,340976 |
| 9,44 | – | – | 1,335198 | 1,340965 |

(1) Séance du 26 décembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1268.

| Température. | λ = 579. | λ = 577. | λ = 546. | λ = 436. |
|---|---|---|---|---|
| 9,65 ....... | - | - | 1,335 185 | 1,340 951 |
| 14,06 ....... | 1,333 780 | 1,333 848 | 1,334 933 | 1,340 689 |
| 15,00 ....... | 1,333 711 | 1,333 779 | 1,334 868 | 1,340 621 |
| 15,24 ....... | – | – | 1,334 856 | 1,340 611 |
| 15,96 ....... | 1,333 646 | 1,333 715 | 1,334 800 | 1,340 565 |
| 21,44 ....... | 1,333 203 | 1,333 270 | 1,334 353 | 1,340 096 |
| 22,19 ....... | 1,333 118 | 1,333 189 | 1,334 272 | 1,340 010 |
| 23,20 ....... | 1,333 019 | 1,333 089 | 1,334 173 | 1,339 910 |
| 23,31 ....... | 1,333 006 | 1,333 075 | 1,334 158 | 1,339 896 |
| 24,42 ....... | 1,332 895 | 1,332 965 | 1,334 045 | 1,339 783 |
| 24,87 ....... | 1,332 843 | 1,332 913 | 1,333 993 | 1,339 729 |
| 27,67 ....... | 1,332 544 | 1,332 609 | 1,333 692 | 1,339 421 |
| 28,16 ....... | 1,332 498 | 1,332 557 | 1,333 642 | 1,339 384 |
| 28,60 ....... | 1,332 438 | 1,332 504 | 1,333 584 | 1,339 311 |
| 28,65 ....... | 1,332 439 | 1,332 498 | 1,333 583 | 1,339 320 |
| 29,25 ....... | 1,332 365 | 1,332 429 | 1,333 513 | 1,339 232 |
| 39,51 ....... | 1,330 876 | 1,330 932 | 1,332 021 | 1,337 743 |
| 41,34 ....... | 1,330 610 | 1,330 667 | 1,331 751 | 1,337 466 |
| 47,45 ....... | 1,329 638 | 1,329 695 | 1,330 776 | 1,336 475 |
| 52,04 ....... | 1,328 866 | 1,328 927 | 1,329 996 | 1,335 678 |
| 62,42 ....... | 1,326 990 | 1,327 057 | 1,328 122 | 1,333 771 |
| 75,95 ....... | 1,324 067 | 1,324 145 | 1,325 221 | 1,330 766 |
| 89,63 ....... | – | – | – | 1,327 496 |
| 92,25 ....... | 1,320 257 | 1,320 324 | 1,321 362 | 1,326 831 |
| 93,53 ....... | 1,319 862 | 1,319 955 | – | 1,326 496 |

OPTIQUE. — *Changements de phase par réflexion normale sur couches très minces d'or.* Note de M. **P. Rouard**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai déjà étudié les changements de phase que subit une onde lumineuse quand elle se réfléchit dans l'air (¹) ou dans un milieu transparent (²) sur des couches très minces d'argent. J'ai entrepris la même étude en remplaçant l'argent par l'or.

Les résultats sont résumés dans les deux tableaux suivants. Le premier est relatif à la réflexion dans le verre sur l'or, le second à la réflexion dans l'air sur l'or. Dans les deux cas les retards de phase sont inscrits avec le

(¹) P. Rouard, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1592.

(²) P. Rouard, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 339.

signe —, les avances sans aucun signe, le tout en fractions de longueur d'onde.

TABLEAU I. — *Variations de phase verre/or.*

| Épaisseurs (en mμ). | 4047. | 4358. | 4696. | 5461. | 5780. |
|---|---|---|---|---|---|
| 2,5 ....... | —0,09 | —0,055 | 0,01 | 0,245 | —0,40 |
| 4,2 ....... | —0,085 | —0,06 | 0,07 | 0,23 | 0,30 |
| 6,2 ....... | 0,24 | 0,165 | 0,155 | 0,22 | 0,245 |
| 7 ......... | 0,315 | 0,26 | 0,20 | 0,205 | 0,240 |
| 7,3 ....... | 0,31 | 0,27 | 0,205 | 0,195 | 0,195 |
| 8,2 ....... | 0,30 | 0,33 | 0,235 | 0,235 | 0,195 |
| 9,2 ....... | 0,335 | 0,33 | 0,265 | 0,26 | 0,26 |
| 11,5 ....... | 0,35 | 0,34 | 0,285 | 0,24 | 0,24 |
| 12 ......... | 0,375 | 0,345 | 0,28 | 0,27 | 0,275 |
| 13 ......... | 0,34 | 0,335 | 0,285 | 0,28 | 0,285 |
| 14 ......... | 0,385 | 0,330 | 0,315 | 0,28 | 0,295 |
| 15 ......... | 0,385 | 0,35 | 0,33 | 0,31 | 0,315 |
| 16 ......... | 0,36 | 0,345 | 0,315 | 0,28 | 0,295 |
| 17,5 ....... | 0,385 | 0,36 | 0,325 | 0,265 | 0,295 |
| 19 ......... | 0,365 | 0,345 | 0,31 | 0,28 | 0,30 |

TABLEAU II. — *Variations de phase air/or.*

| Épaisseurs (en mμ). | 4047. | 4358. | 4696. | 5461. | 5780. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,7 ....... | 0,01 | 0,005 | 0,005 | 0,003 | 0,045 |
| 2,6 ....... | 0,02 | 0,01 | 0,005 | 0,03 | 0,035 |
| 3,5 ....... | 0,00 | 0,005 | —0,015 | —0,04 | —0,04 |
| 4,6 ....... | —0,015 | —0,01 | —0,035 | —0,04 | —0,05 |
| 5,5 ....... | —0,025 | —0,015 | —0,055 | —0,065 | —0,07 |
| 6 ......... | —0,045 | —0,035 | —0,075 | —0,07 | —0,085 |
| 6,7 ....... | —0,045 | —0,065 | —0,075 | —0,08 | —0,095 |
| 7,3 ....... | —0,055 | —0,065 | —0,08 | —0,09 | —0,11 |
| 9,3 ....... | —0,015 | —0,045 | —0,08 | —0,05 | —0,065 |
| 10,5 ....... | —0,02 | —0,02 | —0,055 | —0,06 | —0,05 |
| 11,3 ....... | —0,035 | —0,03 | —0,05 | —0,06 | —0,055 |
| 12,2 ....... | —0,02 | —0,05 | —0,06 | —0,05 | —0,065 |
| 15 ......... | —0,02 | —0,055 | —0,06 | —0,075 | —0,08 |
| 15,8 ....... | —0,025 | —0,045 | —0,055 | —0,04 | —0,045 |
| 16,9 ....... | —0,015 | —0,015 | —0,025 | —0,035 | —0,03 |
| 19 ......... | —0,025 | —0,035 | —0,055 | —0,035 | —0,045 |

Les conclusions de ce travail sont les mêmes que celles auxquelles j'étais arrivé dans le cas de l'argent.

1° Pour la réflexion dans le verre sur le métal, le changement de phase

est d'abord un retard, puis s'annule et devient une avance quand l'épaisseur croît.

2° Pour la réflexion dans l'air sur le métal, le changement de phase est d'abord une avance, puis s'annule et devient un retard quand l'épaisseur croît.

Pour obtenir, au moyen de la théorie classique de la réflexion métallique, une explication satisfaisante de ces variations de phase et aussi des variations du pouvoir réflecteur, qui ont fait l'objet d'une précédente Note [1], il est nécessaire de faire intervenir dans les calculs, non seulement l'onde lumineuse qui s'est réfléchie sur la surface de séparation : verre-métal, mais aussi celle qui s'est réfléchie sur la surface de séparation : métal-air. Il faut, de plus, tenir compte des réflexions multiples dans le verre et dans le métal. Enfin, il faut admettre, comme ont dû le faire déjà un certain nombre d'auteurs, que, pour des couches très minces, les valeurs des deux paramètres caractéristiques du métal : indice de réfraction et indice d'extinction, varient avec l'épaisseur et sont parfois notablement différentes de celles relatives au métal massif.

DISPERSION ROTATOIRE. — *Sur les alcools terpéniques acycliques en* $C^{10}H^{20}O$ *des essences de citronnelle, de géranium et de rose.* Note [2] de M. **Charles Lagneau**, présentée par M. Ch. Fabry.

Il existe dans l'essence de citronnelle, l'essence de géranium et l'essence de rose des corps à fonction alcoolique de même formule brute $C^{10}H^{20}O$, à un atome de carbone asymétrique. La constitution intime de ces corps a fait l'objet de nombreux travaux, mais les auteurs qui ont étudié la question ont émis des opinions contradictoires, si bien qu'actuellement encore le problème de l'identification des alcools $C^{10}H^{20}O$ ne peut être considéré comme complètement résolu.

Les travaux de E. Darmois sur l'identification des pinènes [3] m'ont incité à utiliser la dispersion rotatoire pour contribuer à l'étude des alcools $C^{10}H^{20}O$, et la présente Note précise les résultats obtenus.

Pour cette étude, j'ai utilisé les matériaux suivants :

---

(1) P. Rouard, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 869.

(2) Séance du 26 décembre 1933.

(3) *Ann. Ch. et Ph.*, 8e série, 22, 1911, p. 247.

I, le produit commercial *d*-citronellol (extrait de la citronnelle); II, le produit commercial *l*-citronnellol (ext. géranium); III, le produit commercial *l*-rhodinol (ext. géranium); IV, un produit de laboratoire *l*-Rhodinol (ext. rose), préparé par l'intermédiaire du dérivé benzoylé, mis à ma disposition par M. Glichitch, de Grasse; V, un fractionnement d'essence de rose pure, fraction 95-120° sous $15^{mm}$.

Une étude chimique préalable, par formylation et saponification, a été effectuée d'après le mode opératoire suivant, inspiré de Glichitch et Naves [1] : $5^{cm^3}$ du produit à analyser sont mélangés à $10^{cm^3}$ d'acide formique à 90 pour 100 dans un ballon à acétylation. Le mélange est chauffé au bain de sable à ébullition pendant 45 minutes. Après refroidissement, on lave avec de la saumure à 10 pour 100 (5 fois avec $30^{cm^3}$ de saumure); après un dernier lavage à l'eau pure, on décante et l'on sèche sur $SO^4Na^2$ anhydre. On pèse ensuite, au milligramme environ, $1^g$ du produit formylé, neutralise exactement en présence de phtaléine, puis saponifie une heure avec $20^{cm^3}$ de KOH alcoolique N/2. Après refroidissement, on titre KOH en excès par excès par HCl N/2 (précision $0^{cm^3},05$). La proportion d'alcool $C^{10}H^{20}O$ dans le produit initial est donnée par la formule $7,8n/1 - 0,014n$ où $n$ est le nombre des centimètres cubes de KOH utilisés. Avec des *d*-citronnellols de pureté certaine, la méthode, conformément aux indication de Glichitch et Naves, donne 100 pour 100 d'alcool. L'emploi d'acide formique à 96-98 pour 100 conduit à des résultats trop élevés.

Les déterminations polarimétriques ont été effectuées dans le laboratoire de M. Darmois à l'aide d'un polarimètre de précision Jobin et Yvon donnant $\pm 0°,01$ pour les radiations jaune et verte de mercure et $\pm 0°,03$ pour la radiation indigo. Le tableau suivant donne les résultats; A*y* désigne le dosage (pour 100) de $C^{10}H^{20}O$ par acétylation, F celui par formylation.

| | $d_4^{20}$. | A. | F. | $[\alpha]_J^{20}$. | $[\alpha]_V^{20}$. | $[\alpha]_I^{20}$. | $[\alpha]_I : [\alpha]_J$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Produit I ............ | 0,858 | 100,1 | 98,5 | +4,14 | 4,81 | 8,46 | 2,04 |
| Produit I + 25 °/₀ géran. | 0,866 | 100,5 | 80 | +3,14 | 3,68 | 6,39 | 2,03 |
| Produit I (2ᵉ échant.)... | 0,860 | 100,2 | 99,5 | +4,15 | 4,76 | 8,41 | 2,02 |
| » II ............ | 0,860 | 100,4 | 99,7 | -1,60 | -2,22 | -3,87 | 2,41 |
| » III ............ | 0,881 | 99 | 75,8 | -5,16 | -6,07 | -12,5 | 2,44 |
| » IV ............ | 0,853 [2] | 100 [2] | 101 [2] | -4,78 | -5,48 | -9,73 | 2,03 |
| » V ............ | 0,877 | 93,4 | 58,8 | -3,31 | -3,77 | -6,79 | 2,05 |

(1) *Les parfums de France*, n° 93, nov. 1930, p, 326; n° 125, juillet 1933, p. 154.

(2) Chiffres de M. Glichitch. La réaction au brome de Sabetay est négative.

Si l'on admet que la dispersion rotatoire caractérise l'espèce chimique, il résulte de mes expériences que l'alcool $C^{10}H^{20}O$ contenu dans l'essence de rose est l'isomère optique gauche du citronnellol droit de l'essence de citronnelle, puisque, pour ces deux corps, la dispersion rotatoire $[\alpha]_i/[\alpha]_j = 2{,}03$ est la même, aux erreurs d'expérience près. Le *d*-citronnellol I présentant un pouvoir rotatoire spécifique plus faible en valeur absolue que celui de l'alcool IV de l'essence de rose, on peut admettre comme vraisemblable que ce *d*-citronnellol est en réalité un mélange de *d*-citronnellol avec son racémique ou même encore (mais peu probablement) un mélange de *d*-citronnellol et de *l*-citronnellol.

D'autre part, l'alcool $C^{10}H^{20}O$ (rhodinol pour certains auteurs) contenu dans l'essence de géranium ou dans les rhodinols commerciaux, ou composant le *l*-citronnellol II, est une individualité chimique nettement différente du *d*-citronnellol ou de l'alcool de l'essence de rose, puisque sa dispersion rotatoire $[\alpha]_i/[\alpha]_j$ est comprise entre 2,41 et 2,45.

Sans doute cette dispersion rotatoire très élevée pourrait faire croire qu'il existe dans les rhodinols (?) commerciaux, à côté du géraniol et de l'alcool en $C^{10}H^{20}O$ d'autres corps à grande activité optique, mais cette hypothèse serait bien fragile, puisque d'une part le « rhodinol » examiné est totalement acétylable et que, d'autre part, le *l*-citronnellol est composé d'alcools $C^{10}H^{20}O$ totalement formylables.

Je me propose d'utiliser maintenant le spectre Raman pour préciser la structure des corps examinés au cours des expériences rapportées plus haut.

RADIOCHIMIE. — *Action des rayons ultraviolets sur le glycocolle.* Note de MM. V. **Henri**, Ch. **Weizmann** et Y. **Hirshberg**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons entrepris l'étude de l'action des rayons ultraviolets sur les acides aminés, les amines et les protéines, dans leurs rapports avec différents problèmes biologiques. Nous présentons les résultats relatifs au glycocolle.

*Technique.* — La solution dans l'eau bidistillée est exposée soit dans des vases en quartz cylindriques avec faces parallèles, soit dans des ballons en quartz. Trois lampes à vapeur de mercure ont été utilisées : une lampe du type H. George à allumage automatique, une lampe pour courant alternatif de 220 volts avec éclairage en bout et une lampe très puissante avec un tube lumineux circulaire entourant le vase à irradier, cette lampe cons-

truite par l'un de nous (V. H.) sert ordinairement aux mesures des spectres de fluorescence. A des intervalles réguliers on mesure la conductivité électrique (dans un vase électrode de platine *non* platiné), la valeur du pH (avec l'électrode en verre et l'électromètre de Lindemann), le spectre d'absorption ultraviolet, la teneur en ammoniaque libre (par la microdistillation Parnas-Wagner); on recherche la présence de différents corps organiques (ac. glycolique, acétique etc.); on recueille les gaz formés pendant l'irradiation et l'on fait la microanalyse de ces gaz. Pour analyser le mécanisme de la réaction et mesurer le rendement quantique, nous avons suivi la réaction à travers différents écrans et mesuré l'énergie absorbée en valeur absolue.

*Résultats.* — Nous donnons dans le tableau suivant les données numériques pour une expérience type, relative à l'irradiation d'une solution de glycocolle $n/10$ ($57^{cm^3}$ dans un ballon en quartz irradié avec la lampe puissante circulaire).

| Durée (heures). | $NH^3$ (mg). | $NH^3$ (p. 100). | $\lambda.10^5$. | pH. | Acide glycolique. | Mélange artificiel $NH^3$ $n/100$. ($cm^3$). | $\lambda.10^5$ du mélange. | pH du mélange. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0... | 0 | 0 | 1,54 | 4,80 | — | – | – | – |
| 1/2.. | – | – | 3,99 | 5,80 | + | – | – | – |
| 1... | 0,0005 | 0,59 | 5,22 | 6,20 | + | + 2,9 | 5,31 | 6,6 |
| 2... | 0,0011 | 1,31 | 8,30 | 6,60 | + | + 6 | 8,34 | 7,0 |
| 4... | 0,0023 | 2,73 | 20,3 | 6,85 | + + | +13,7 | 18,30 | 7,15 |
| 6... | 0,0032 | 3,80 | 32,00 | 7,02 | + + | +19,15 | 25,00 | 7,35 |
| 15... | 0,0110 | 13,1 | 71,20 | 7,45 | + + | +60 | 54,50 | 7,55 |

L'examen du tableau donne les résultats suivants :

1° La conductivité électrique λ augmente par irradiation de la solution de glycocolle; cette augmentation, d'abord rapide, se ralentit et tend vers une limite supérieure.

2° L'alcalinité de la solution augmente progressivement. pH passe de 4,8 à 7,5.

3° Au bout d'un certain temps d'irradiation on peut doser de l'ammoniaque libre. La teneur en $NH^3$ représente pour des irradiations longues une proportion notable par rapport au $NH^2$ contenu dans le glycocolle.

Les mélanges artificiels entre diverses quantités de $NH^3$ et de glycocolle non irradié, présentent presque la même conductivité et le même pH que les solutions irradiées (colonnes 8 et 9 comparées à 4 et 5).

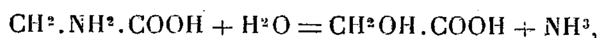
Ce dernier résultat est important, puisqu'il permet de doser des quantités

extrêmement faibles de $NH^3$ formé, par la mesure de la conductivité électrique. La méthode électrique est bien plus sensible que le microdosage chimique.

4° La réaction de Eegriwe (*Z. anal.*, 89, 1932, p. 123) avec le 2.7-dioxynaphtalène dans l'acide sulfurique concentré, montre la formation de l'acide glycolique, qui augmente avec la durée de l'irradiation. Par contre avec le réactif à l'iode + nitrate de lanthane (Krüger, Tschirch, *Ber.*, 62, 1929, p. 2776; 63, 1930, p. 826), on n'obtient pas la réaction caractéristique de l'acide acétique.

5° Pendant l'irradiation de la solution de glycocolle on obtient des gaz, avec une forte proportion de CO.

On peut écrire pour le premier stade de la réaction la formule globale



$$CH^2.NH^2.COOH + H^2O = CH^2OH.COOH + NH^3,$$

mais ceci ne représente que le résultat global; le mécanisme intime ne pourra être déterminé qu'après l'examen des études spectrographiques et les mesures du rendement quantique de la réaction photochimique.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Résistivité électrique des peranthracites.* Note de MM. **P. Lebeau** et **P. Corriez**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons comparé les résistivités électriques des anthracites en utilisant une adaptation des procédés antérieurement décrits à ce cas particulier.

L'appareil choisi comporte un cylindre vertical en ébonite de $0^{cm},52$ de diamètre intérieur et de $10^{cm}$ de hauteur, raccordé par un filetage à un socle en laiton. Sur ce socle est fixée l'électrode inférieure qui obture le tube. L'électrode supérieure est constituée par une tige de laiton supportant un plateau en bois. Des poids disposés sur ce plateau compriment la poudre à la pression voulue.

Pour faire une mesure au moyen de ce dispositif, on procède ainsi :

Un échantillon moyen du charbon est amené, par pulvérisation au mortier, à un état de division donné. Il est ensuite séché dans un dessiccateur à acide sulfurique à la pression ordinaire.

La poudre est introduite, par petites portions, dans le cylindre d'ébonite, et tassée après chaque addition en la soumettant à des petits chocs répétés, après avoir placé l'électrode supérieure dans le cylindre. La quantité de poudre, pour chaque addition, ne doit augmenter la hauteur dans le

cylindre que de 2 à 3mm. Cette opération préalable du tassage a une très grande importance sur la valeur des résultats, et doit être minutieusement faite.

La résistance est mesurée ensuite au moyen d'un pont de Carpentier. Après avoir mis sur le plateau le poids nécessaire pour obtenir une pression convenable, on effectue un tassement final, en provoquant des vibrations de l'ensemble par chocs rapides avec le doigt sur le socle de l'appareil. Le résultat est valable lorsque le tassement ainsi produit n'entraîne plus de variation sensible de la résistance.

De nombreux essais, effectués pour étudier l'influence :

1° de la longueur du cylindre de poudre;
2° de l'état de division de la poudre;
3° de sa compression par les poids placés sur le plateau,

nous ont amenés à adopter les conditions suivantes :

Les charbons pulvérisés au mortier passent au tamis n° 120;

Le poids supporté par le plateau est de 10kg (la section étant égale à 0cm²,2 environ, la compression est voisine de 50kg par centimètre carré);

La longueur du cylindre de poudre varie entre 1 et 3cm.

Dans ces conditions, l'influence des résistances de contact poudre-laiton est négligeable au degré de précision près des mesures. La méthode décrite ne peut donner évidemment que des valeurs relatives de la résistivité, en rapport avec les conditions bien déterminées des expériences.

L'application de cette méthode à la mesure des résistivités des peranthracites nous a fourni les résultats compris dans le tableau ci-dessous :

| Désignation des échantillons. | Résistivité électrique (1). ω/cm | Volume gazeux dégagé à 1000°. m³ | H pour 100 de carbone dans le peranthracite. | Cendres pour 100. |
|---|---|---|---|---|
| Arèches | 0,65 | 21,78 | 0,67 | 9,67 |
| Bourg d'Oisans 1930 | 2,1 | 50,22 | 1,25 | 1,97 |
| Tonkin n° 3 | 10,7 | 85,14 | 1,40 | 7,36 |
| » n° 4 | 16,4 | 90,40 | 1,26 | 3,91 |
| » n° 5 | 14,0 | 91,76 | 1,23 | 3,20 |
| » n° 2 | 22,0 | 99,48 | 1,66 | 1,78 |
| » n° 1 | 70,0 | 121,10 | 1,88 | 2,54 |
| Russe (Donetz) | 80,0 | 124,40 | 1,75 | 2,66 |
| La Mure | 136,0 | 134,38 | 2,05 | 2,67 |
| Américain | 556,0 | 147,51 | 1,93 | 3,92 |

(1) Les résistivités sont calculées à l'aide de la relation usuelle $\rho = R(S/L)$, où R est la résistance relative définie précédemment (fonction de la méthode et de l'appareil et donnée en ohms), L la longueur exprimée en centimètres et S la section (0cm²,2).

On peut reconnaître que l'augmentation des résistivités est en parallélisme avec celle des volumes gazeux totaux dégagés au cours de la pyrogénation. Les teneurs en cendres des échantillons étudiés ne semblent pas avoir d'influence marquée. Au contraire, le rapport centésimal de l'hydrogène au carbone s'accroît dans le même sens que les résistivités.

Pour apprécier l'ordre de grandeur de ces résultats, nous avons appliqué la méthode précédente à l'étude de divers types de graphites pris également à l'état pulvérulent :

| | Résistivité relative. ω/cm |
|---|---|
| Graphite de Ceylan (purifié) | 0,032 |
| Graphite de fonte | 0,036 |
| Graphite provenant d'électrodes | 0,034 |
| Graphite Acheson | 0,030 |

Les résistivités électriques des peranthracites, très supérieures à celle du graphite, sont cependant beaucoup plus faibles que celles des anthracites vrais et des houilles, ces dernières étant toujours plus élevées que $10^5$ ω/cm. Il y a là une véritable discontinuité entre les résistivités électriques des peranthracites et celles des anthracites vrais.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'équation de solubilité des sels hydratés.* Note [1] de M. **J. Perreu.**

L'équation de solubilité d'un hydrate, $S.sH^2O$, peut s'écrire sous la forme suivante :

$$\frac{503\,C}{1-sC}\cdot\frac{q_C}{T^2}-\left(\frac{\partial \log p}{\partial C}\right)_T\cdot\frac{dC}{dT}=0 \quad (1)$$ [2].

Dans cette équation, T est la température absolue, C la concentration moléculaire, en sel, de la solution saturée, c'est-à-dire le nombre de molécules-grammes de sel par molécule-gramme d'eau totale, $p$ la tension de vapeur de cette solution, $q_C$ la chaleur de dissolution limite de l'hydrate, ou la chaleur mise en jeu, en dissolvant la molécule-gramme d'hydrate dans un grand excès de solution infiniment voisine de la saturation.

---

[1] Séance du 26 décembre 1933.

[2] Formule dérivée de l'équation de Van der Waals (*Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 1, 1889, p. 125).

Je me suis proposé de vérifier, pour quelques sels, l'équation précédente, ainsi que deux corollaires de la loi de solubilité, relatifs aux points anguleux des courbes de solubilité.

1. *Équation de solubilité.* — La vérification a porté sur le chlorure manganeux à $4^{mol}$ d'eau, et l'hyposulfite de soude pentahydraté, à 20°C.

A. *Chlorure manganeux* $Cl^2Mn, 4\,aq$. — Les tables de solubilité donnent : $C_{20°} = 0,1056$ ; on obtient $(dC/dT)_{20°} = 0,000915$. Les mesures des tensions de vapeur que j'ai effectuées, à 20° C. pour quelques solutions voisines de la saturation, m'ont donné : $(\partial \log p/\partial C)_{20°} = -5,57$. En portant ces valeurs dans l'expression de $q_C$ tirée de la formule (1), on trouve : $q_C = -4^{cal},75$, au lieu de $-4^{cal},81$, valeur obtenue à 20° par la méthode indirecte (différence 1,25 pour 100 environ).

B. *Hyposulfite de soude* $S^2O^3Na^2, 5\,aq$. — On a, à 20°C. : $C_{20°} = 0,0798$ ; $(dC/dT)_{20°} = 0,00127$. Les mesures calorimétriques et tonométriques que j'ai faites, à 20°, m'ont donné : $q_C = -8^{cal},53$ ; $(\partial \log p/\partial C)_{20°} = -5,09$.

On trouve, à l'aide de la formule (1) : $q_C = -8^{cal},60$, au lieu de $-8^{cal},53$ (l'écart est de 0,8 pour 100 environ).

2. *Corollaire relatif aux points de transition.* — Soient deux hydrates, $S.s_1H^2O$ et $S.s_2H^2O$, d'un même sel, dont les courbes de solubilité se coupent en un point correspondant à la température T°. Supposons $s_1 < s_2$ ; appelons C la concentration moléculaire correspondant au point de transition, $\tang\alpha$ et $\tang\beta$ les pentes des tangentes, menées, par ce point, aux courbes de solubilité des hydrates à $s_2$ et $s_1$ molécules d'eau ; $q_{2C}$ et $q_{1C}$ les chaleurs de dissolution limites de ces deux hydrates à T°.

De la formule (1), on déduit la relation

$$\frac{\tang\alpha}{\tang\beta} = \frac{1 - s_1C}{1 - s_2C}\,\frac{q_{2C}}{q_{1C}}. \tag{2}$$

J'ai vérifié cette relation pour le point de transition des courbes de solubilité du sel de Glauber et du sulfate de soude anhydre, correspondant à la température de 32°,4 [1], et pour celui des courbes de solubilité du sulfate manganeux à 7 et à 5 molécules d'eau (température de 9°).

A. *Sulfate de soude* $SO^4Na^2$, *10 aq. et* $SO^4Na^2$. — La relation (2) devient

$$\frac{\tang\alpha}{\tang\beta} = \frac{1}{1 - 10C}\,\frac{q_{2C}}{q_{1C}}. \tag{3}$$

---

[1] RICHARDS et WELLS, *Zeits. f. phys. Chem.*, 43, 1903, p. 471.

J'ai trouvé

$$q_{2C} = -16^{cal},8 \text{ à } 32^o \quad \text{et} \quad q_{1C} = 2^{cal},42 \text{ à } 33^o.$$

On a

$$C_{32^o,5} = 0,0628; \quad \frac{\tan g\alpha}{\tan g\beta} = -18,66.$$

Le deuxième membre de (3) est égal à — 18,58; l'écart est inférieur à 1/200ᵉ.

B. *Sulfate manganeux* $SO^4Mn$, 5 *aq. et* 7 *aq.* — Les mesures calorimétriques m'ont donné, à 9° :

$$q_{1C} = -2^{cal},50; \quad q_{2C} = -5^{cal},47.$$

D'autre part, on a

$$C_{9^o} = 0,0706; \quad \left(\frac{\tan g\alpha}{\tan g\beta}\right)_{9^o} = 0,361.$$

Le deuxième membre de la relation (2) est égal à 0,357 (différence 1,4 pour 100 environ).

3. *Corollaire relatif au point cryohydratique.* — C étant la concentration correspondant au point cryohydratique, $q_{1C}$ et $q_{2C}$ les chaleurs de dissolution limites de l'hydrate et de la glace à la température eutectique, $\tan g\alpha$ et $\tan g\beta$ les pentes des tangentes menées par le point anguleux aux deux courbes de solubilité qui le déterminent, on a la relation

$$\frac{\tan g\alpha}{\tan g\beta} = \frac{C}{1 - sC}\,\frac{q_{1C}}{q_{2C}}.$$

J'ai vérifié cette relation pour le carbonate de soude à 10 molécules d'eau et pour le sel de Glauber, dont les températures eutectiques sont respectivement — 2°,1 et — 1°,286 [1].

A. $CO^3Na^2$, 10*aq*. — J'ai trouvé : $q_{1C} = -13^{cal},87$; $q_{2C} = 1^{cal},4$ (extrapol.). En outre, $C = 0,0107$; $\tan g\alpha/\tan g\beta = -0,138$. Le deuxième membre de la formule (4) est égal à —0,1357 (écart, 1,7 pour 100 environ).

B. $SO^4Na^2$, 10*aq*. — $C = 0,0059$. $\tan g\alpha/\tan g\beta = -0,0734$.

J'ai trouvé : $q_{1C} = -17^{cal},04$; $q_{2C} = 1^{cal},415$ (extrapol.). Le deuxième membre de la formule (4) est égal à —0,0747 (différence 1,8 pour 100 environ).

En définitive, les écarts observés, dans ces vérifications de l'équation de solubilité et des formules relatives aux points anguleux, étant inférieurs à 2 pour 100, le contrôle effectué est assez satisfaisant.

---

(1) De Coppet, *Zeits. f. phys. Chem.*, 22, 1897, p. 239-240.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de l'hydratation globale des ions du chlorure de calcium.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Dans le but de fixer le degré d'hydratation globale des ions du chlorure de calcium en solution aqueuse, nous avons étudié, par voie cryoscopique, les équilibres moléculaires de la résorcine dans les solutions de ce sel, de façon que la constante d'équilibre

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C(330\Delta - ak')^3}{4a^2k'^2(3ak' - 330\Delta)}$$

ait la même valeur 3,500 que dans l'eau [1], complétant ainsi des études précédentes relatives aux chlorures de potassium, sodium et ammonium [2]. Les paramètres $c$, $c'$ et C sont respectivement les concentrations des molécules simple, triple et totale de la résorcine, cette dernière étant exprimée en molécules simples, $\Delta$ l'abaissement cryoscopique de la résorcine, et $a$ la masse de résorcine par 100$^g$ d'eau. Les concentrations sont prises à 15° C. Nous avons étudié les solutions de $Cl^2Ca$ 0,5 M et 0,25 M. Nous avons observé :

| Concentration. | $Cl^2Ca$ 0,5 M; $k' = 24,38$. Δ. | K₃. | $Cl^2Ca$ 0,25 M; $k' = 21,35$. Δ. | K₃. |
|---|---|---|---|---|
| 0,250 | 0°,603 | 2,401 | 0°,522 | 2,052 |
| 0,375 | 0,874 | 2,215 | 0,757 | 2,010 |
| 0,500 | 1,145 | 2,612 | 0,995 | 2,513 |
| 0,625 | 1,402 | 2,784 | 1,224 | 2,831 |
| 0,750 | 1,655 | 2,974 | 1,450 | 3,132 |
| 0,875 | 1,911 | 3,252 | 1,6635 | 3,208 |
| 1,000 | 2,157 | 3,379 | 1,880 | 3,373 |
| 1,125 | 2,400 | 3,473 | 2,0875 | 3,406 |
| 1,250 | 2,639 | 3,517 | 2,3015 | 3,531 |
| 1,375 | 2,876 | 3,538 | 2,508 | 3,550 |
| 1,500 | 3,120 | 3,619 | 2,7115 | 3,528 |
| 1,625 | 3,354 | 3,589 | 2,9125 | 3,477 |
| 1,750 | 3,593 | 3,587 | 3,125 | 3,521 |
| 1,875 | 3,827 | 3,529 | 3,339 | 3,552 |
| 2,000 | 4,068 | 3,508 | 3,548 | 3,522 |
| 2,125 | – | – | 3,769 | 3,548 |
| 2,250 | – | – | 3,981 | 3,494 |
| 2,375 | – | – | 4,203 | 3,487 |
| 2,500 | – | – | 4,426 | 3,462 |

(1) F. Bourion, E. Rouyer et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1015.

(2) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1111, et **197**, 1933, p. 52; F. Bourion et Mlle O. Hun, *ibid.*, p. 1489.

On voit qu'avec $k' = 24,38$, $K_3$ moyen est 3,499 lorsque la concentration en résorcine varie de 0,875 à 2,000 pour les solutions de $Cl^2Ca$ 0,5 M et qu'avec $k' = 21,35$, $K_3$ moyen est 3,4961 lorsque la concentration en résorcine varie de 1,000 à 2,500 pour les solutions de $Cl^2Ca$ 0,25 M.

Ainsi $K_3 = 3,500$ pour $k' = 21,38$ lorsque l'on considère les solutions de $Cl^2Ca$ 0,5 M et l'on calcule aisément par extrapolation en utilisant les valeurs de $k_3$ correspondant à $k' = 21,35$ et $k' = 21,4$ que $K_3 = 3,500$ pour $k' = 21,3471$ pour 0,25 M.

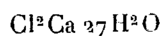
*Calcul de l'hydratation des ions :* 1° $Cl^2Ca$ 0,5 M. — Le pour-cent $x$ de l'eau fixée sur le sel est

$$x = \frac{100(24,38 - 18,4)}{24,38} = 24,53.$$

D'autre part, la densité de la solution de $Cl^2Ca$ 0,5 M montre que la masse de chlorure de calcium par $100^g$ d'eau est $5^g,6082$, d'où l'on déduit le nombre de molécules d'eau fixé sur $1^{mol}$ de $Cl^2Ca$,

$$\frac{24,53 \times 111}{5,6082 \times 18} = 26,97 \quad \text{soit} \quad 27.$$

L'hydrate correspondant aux solutions de $Cl^2Ca$ 0,5 M est donc



$$Cl^2Ca\,27H^2O$$

qui représente un degré d'hydratation très élevé. L'étude des solubilités de $N^2O$ et de $C^2H^2$ dans les solutions de chlorure de calcium a conduit [1] à l'hydrate $Cl^2Ca\,20H^2O$, mais en solution 1 M. Si l'on admet, en première approximation, que le gain d'hydratation quand on passe des solutions de $Cl^2Ca$ 1 M aux solutions 0,5 M soit le même que celui qui a été obtenu par cette dernière méthode lors du passage des solutions 2 M aux solutions 1 M, on trouve finalement pour les solutions 0,5 M l'hydrate $Cl^2Ca\,23,4H^2O$, voisin de celui que nous avons indiqué plus haut.

2° $Cl^2Ca$ 0,25 M. — En conduisant le calcul comme nous venons de le faire pour les solutions de $Cl^2Ca$ 0,5 M, on trouve pour les solutions de $Cl^2Ca$ 0,25 M, en prenant $k' = 21,3471$, que l'hydrate correspondant est



$$Cl^2Ca\,30,6H^2O$$

de degré plus élevé que celui des solutions de $Cl^2Ca$ 0,5 M. On voit que les ions $\underset{++}{Ca}$ sont plus hydratés que les ions $\underset{+}{K}$, $\underset{+}{Na}$ et surtout $\underset{+}{Am}$ étudiés antérieurement.

[1] MANCHOT, JAHRSTORFER et ZEPTER, *Z. anorg. Chem.*, **141**, 1924, p. 38-81.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La dispersion rotatoire de la spartéine en solution aqueuse*. Note [1] de M. **Ch. Lapp** et Mlle **G. Zalc**, présentée par M. Delépine.

Le pouvoir rotatoire du sulfate de spartéine à $5H^2O$ est de — 22 degrés en solution aqueuse à 2 pour 100, à la température de 18 degrés [2]. La spartéine est bibasique et les $P_k$ de saturation de chaque fonction basique étant 2,2 et 9,5 [3], donc assez éloignés l'un de l'autre, il y avait lieu de penser que les courbes représentant les variations du pouvoir rotatoire spécifique [α] en fonction du pH auraient la même allure que celles de la quinine [4].

Nous avons effectué les mesures de la dispersion rotatoire d'une solution de spartéine contenant 1,09 pour 100 de base, c'est-à-dire 1,97 pour 100 de sulfate à $5H^2O$, avec les radiations habituelles du sodium et du mercure. Pour cela, la solution initiale a été saturée progressivement par une solution de soude. Dans le calcul de [α] on a tenu compte des dilutions, quoiqu'elles soient restées très faibles. Les mesures de la rotation α sont faites à 1 pour 100 près, à la température de 18 degrés; celles du pH à 1/10e d'unité près à l'électrode d'antimoine.

Le graphique montre comment varie [α] en fonction du pH, pour ces diverses radiations. On reconnaît la forme caractéristique des courbes de saturation présentant dans le cas de la spartéine deux S successifs pour les deux fonctions basiques. Les $P_k$ observés optiquement sont 3,6 et 5,5. Un palier s'étend sensiblement de pH 4 à pH 5.

Nous admettons que le pouvoir rotatoire observé est la somme des rotations produites par les molécules de la base, molécules qui peuvent être non dissociées, dissociées une fois ou dissociées deux fois; nous déduirons des présentes observations une méthode de dosage optique de la base en présence de n'importe quel acide inactif. Pour cela il faut amener par une addition convenable de base (HONa) ou d'acide (ClH), la solution à pH 4 ou pH 5, puis faire la lecture de la rotation au polarimètre. L'ajustage se fait facilement à pH 4 en présence du *vert de bromocrésol* (virage du jaune

---

(1) Séance du 3 janvier 1934.

(2) *Codex medicamentarius de* 1908, p. 682.

(3) Kolthoff, *La dét. color. des ions hydrogènes*. Trad. Vellinger, p. 247.

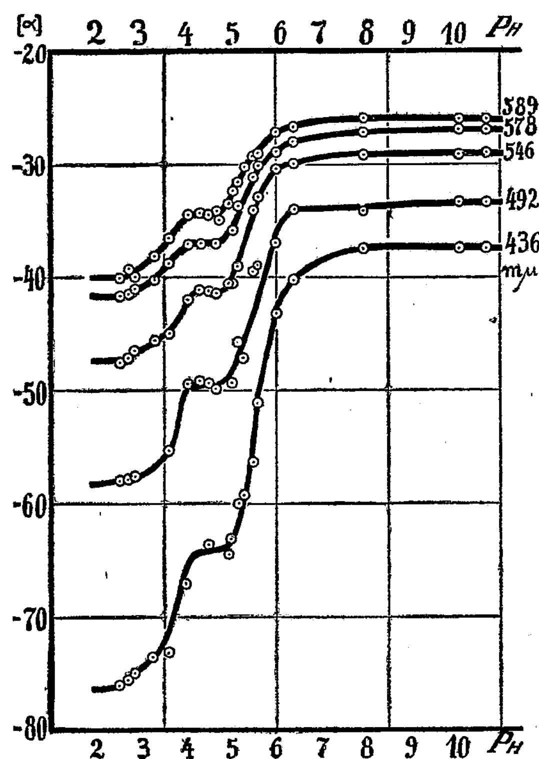
(4) Ch. Lapp, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 970.

au vert) et à pH5 en présence du *pourpre de bromocrésol* (virage du jaune à l'orangé, ne pas dépasser le mauve).

Les pouvoirs rotatoires spécifiques à utiliser pour les dosages sont les suivants :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| pH4 à 5. | λ......... | 589 | 578 | 546 | 492 | 436 |
| | [α]........ | −34,2 | −37,0 | −41,3 | −49,6 | −64,0 |

L'essai a été fait avec une solution à 1g,242 de base pour 100 à l'état de




sulfate, dosée par la méthode pondérale de Bertrand et Javillier à l'acide silicotungstique (¹). Les moyennes des nombres provenant des dosages optiques et des dosages pondéraux diffèrent de moins de 1 pour 100.

(¹) A. Guillaume, *Thèse Sciences*, Paris, 1930, p. 107.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques sels complexes halogénés du plomb.* Note [1] de M^me^ N. **Demassieux** et M. **Edwin J. Grelis**, présentée par M. G. Urbain.

Les sels halogénés du plomb et des métaux alcalins ont été l'objet de divers travaux; mais leur étude n'est pas complète. Les sels que forment le chlorure et le bromure de plomb avec le chlorure et le bromure d'ammonium en solution aqueuse ont été étudiés successivement par G. André [2], Randall [3], H. L. Wells et W. R. Johnston [4], H. Fonzes-Diacon [5], Foot et Lévy [6], M^me^ N. Demassieux [7]. Actuellement les auteurs sont d'accord sur le nombre et la composition des sels formés de 0 à 100° par les chlorures de plomb et d'ammonium. Il n'en est pas de même pour les bromures.

Nous avons entrepris une étude systématique de 0° à 50° du système bromure de plomb-bromure d'ammonium-eau. Les résultats des analyses des phases liquides sont exprimés en molécules-grammes dans 1000^g de solution. L'ensemble des résultats est représenté par quatre branches de courbe. La première correspond au dépôt solide formé par le bromure de plomb. La deuxième correspond à la phase solide $2PbBr^2, NH^4Br$. La solubilité du bromure de plomb croît beaucoup à mesure que la phase liquide s'enrichit en bromure d'ammonium.

Au deuxième point invariant à 50°, la solution contient $0^{mol},442$ $PbBr^2$ pour $4^{mol},016$ $NH^4Br$ dans $1000^g$ de solution; à 20°, $0^{mol},186$ $PbBr^2$ et $3^{mol},581$ $NH^4Br$; à 0°, $0^{mol},109$ $PbBr^2$ et $3^{mol},426$ $NH^4Br$.

Ensuite apparaît, comme dépôt solide, le deuxième sel $PbBr^2, 2NH^4Br$. Tant que ce sel existe, la solubilité du bromure de plomb varie peu.

Au troisième point invariant correspond comme sels de dépôt le complexe $PbBr^2, 2NH^4Br$ et le bromure d'ammonium. La présence du bromure de plomb dans les solutions saturées de bromure d'ammonium diminue très peu la solubilité de ce dernier sel.

---

(1) Séance du 3 janvier 1934.

(2) G. André, *Comptes rendus*, **96**, 1883, p. 1503.

(3) Randall, *Am. Chim. Journ.*, **15**, 1893, p. 494.

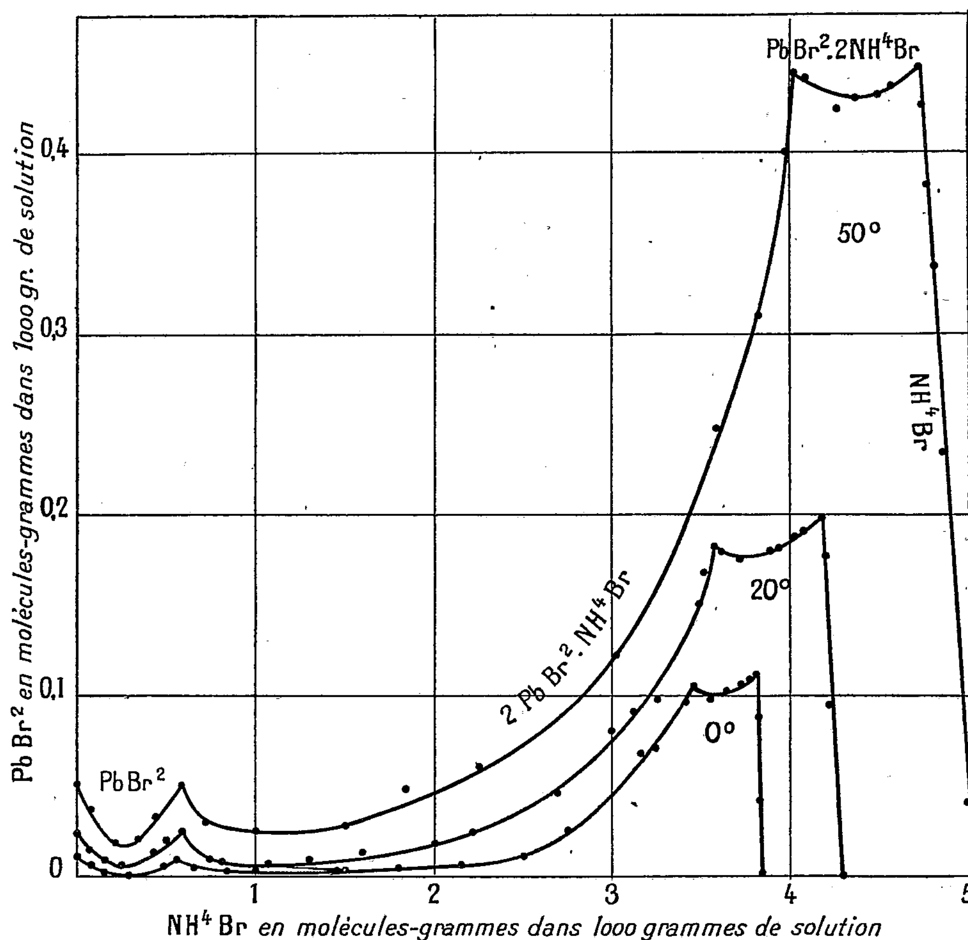
(4) H. L. Wells et W. R. Johnston, *Zeitsch. anorg. Chem.*, **4**, 1893, p. 117.

(5) H. Fonzes-Diacon, *Bull. Soc.*, **17**, 1897, p. 351.

(6) Foot et Lévy, *Am. Chem. Journ.*, **37**, 1907, p. 120.

(7) M^me^ N. Demassieux, *Ann. de Chimie*, **19**, 1923, p. 231.

Ces résultats nous permettent de faire un rapprochement entre les composés chlorés et bromés du plomb et de l'ammonium. Dans les deux cas, il se forme le premier sel complexe $2PbX^2, NH^4X$ existant à toutes les températures. Le deuxième sel $PbX^2, 2NH^4X$ n'apparaît qu'au-dessus




de 75° dans les solutions de chlorure d'ammonium et existe à toutes les températures dans le cas des bromures. Les iodures de plomb et d'ammonium se comportent d'une manière toute différente : on n'a pu isoler, de 0° à 50°, qu'un seul complexe $PbI^2, NH^4I, 2H^2O$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les mobilités des radicaux organiques dans leurs bromosulfites.* Note de M. **P. Carré**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons déjà montré (¹) que la détermination des températures de décomposition des chorosulfites, en présence d'une proportion équimoléculaire de pyridine, fournit une méthode simple et rapide pour la comparaison des mobilités des radicaux organiques.

Nous avons maintenant déterminé les températures de décomposition des bromosulfites récemment obtenus (²), afin de voir si les mobilités des radicaux, indiquées par ces températures de décomposition, viendraient se ranger dans le même ordre que celui auquel nous avons été conduit par l'étude des chlorosulfites.

De même que les chlorosulfites, les bromosulfites, RO SO Br, sont décomposés par la chaleur, à des températures variables avec la nature du radical R, et leurs températures de décomposition sont notablement abaissées par la présence de la pyridine qui accélère en outre la vitesse de décomposition. Les bromosulfites d'alcoyle sont décomposés en gaz sulfureux $SO^2$, et bromure d'alcoyle R Br, ce qui conduit à ranger les radicaux alcoyles par ordre d'électropositivité relativement au brome négatif. La décomposition des bromosulfites d'aryle se produit aussi avec dégagement de gaz sulfureux, mais cette décomposition qui est plus complexe et analogue à celle des chlorosulfites d'aryle (³), ne donne pas de bromure d'aryle; elle permet de comparer les radicaux d'après les stabilités observées.

Le mode opératoire permettant d'obtenir les températures de décomposition des bromosulfites est moins simple que celui par lequel on détermine les températures de décomposition des chlorosulfites.

En effet, les chlorosulfites se forment, en quantité suffisante, pour permettre la détermination de leurs températures de décomposition, par simple mélange de proportions équimoléculaires de chlorure de thionyle, de pyridine, et de l'alcool ou du phénol correspondant; tandis que si l'on mélange des proportions équimoléculaires de bromure de thionyle, de pyridine et d'un alcool, il ne se forme pas de bromosulfite. On est obligé de préparer les bromosulfites par la réaction du bromure de

(¹) P. Carré, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1835; **196**, 1933, p. 1806.

(²) P. Carré et D. Libermann, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1326.

(³) D. Libermann, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1425.

thionyle sur les sulfites neutres, on leur ajoute ensuite une molécule de pyridine, en refroidissant, puis on chauffe progressivement le mélange dans un ballon fermé muni d'un manomètre, et d'un thermomètre; on note l'accroissement de la pression avec l'élévation de la température, puis on trace la courbe pression-température, cette courbe présente un point anguleux très net à la température de décomposition du bromosulfite, par suite de l'apparition du gaz sulfureux qui produit une augmentation plus rapide de la pression.

Les températures de décomposition déterminées ont été les suivantes :

| Nature du radical R du bromosulfite RO SO Br. | Température de décomposition en présence de pyridine. |
|---|---|
| R = Éthyle, $C^2H^5$ | 13–14° |
| *n*-Propyle, $C^3H^7$ | 30–31° |
| *n*-Butyle, $C^4H^9$ | 39–40° |
| *n*-Heptyle, $C^7H^{15}$ | 54° |
| *n*-Décyle, $C^{10}H^{21}$ | 38° |
| Isopropyle, $(CH^3)^2CH$ | 13–14° |
| α-Chloréthyle, $CH^2Cl - CH^2$ | 39–40° |
| Phényle, $C^6H^5$ | 80° |

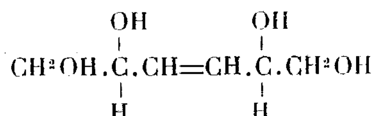
Ces températures de décomposition des bromosulfites sont un peu inférieures à celles des chlorosulfites correspondants, ce qui indique pour les bromosulfites une stabilité plus faible que celle des chlorosulfites.

Elles conduisent à ranger les radicaux organiques dans le même ordre que celui fourni par les températures de décomposition des chlorosulfites. On retrouve, pour les radicaux aliphatiques linéaires saturés, une mobilité décroissante de $C^1$ à $C^7$, puis, pour $C^{10}$, une mobilité qui redevient sensiblement la même que pour $C^4$; pour le radical isopropyle, une mobilité supérieure à celle du radical *n*-propyle, et pour le radical α-chloréthyle une mobilité notablement inférieure à celle du radical éthyle. On retrouve aussi pour le bromosulfite de phényle une stabilité supérieure à celles des bromosulfites d'alcoyles.

Si l'on admet que la décomposition des bromosulfites RO SO Br, en gaz sulfureux, $SO^2$, et bromure d'alcoyle, R Br (comme celle des chlorosulfites RO SO Cl, en gaz sulfureux et chlorure d'alcoyle R Cl), est d'autant plus facile que l'attraction du radical R pour l'halogène est plus grande, c'est-à-dire que la charge positive, que l'on peut supposer portée par le radical R, est plus grande, on est conduit à ranger les radicaux dans un certain ordre d'électropositivité qui est le même relativement au brome et au chlore.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de la dulcite et de l'allodulcite.* Note de MM. **Robert Lespieau** et **Joseph Wiemann**, présentée par M. Matignon.

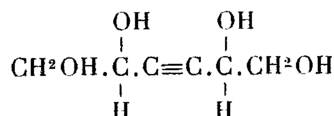
L'érythrite *cis* éthylénique



oxydée par le chlorate d'argent en présence d'acide osmique fournit, après filtration, concentration, reprise à l'alcool et évaporation, un mélange de deux espèces de cristaux, séparables par fusion fractionnée. 4g de cette érythrite ont donné ainsi 0g,55 de cristaux; la majeure partie de ceux-ci fondant entre 142 et 149° sont constitués par de l'allodulcite, laquelle fond à 149° (1).

Les cristaux moins fusibles se liquéfient seulement à 160° quand on chauffe le mélange au tube capillaire. On ne les a eus qu'en trop faible quantité pour pouvoir déterminer leur nature, mais les recherches suivantes montrent qu'ils sont formés par de la dulcite.

En obtenir plus eût été très pénible. L'érythrite servant de point de départ s'obtient, il est vrai, quantitativement et bien cristallisée quand on hydrogène l'érythrite acétylénique correspondante (2) :



à condition que celle-ci soit très pure; dans le cas contraire on n'obtient qu'un liquide, et celui-ci ne peut être distillé.

Or l'érythrite acétylénique brute se présente sous la forme d'une pâte, sorte de mastic, commençant à suinter au tube capillaire vers 85°, finissant de fondre vers 100°. Pour arriver à l'avoir propre, fondant à 113°-114°,5 il avait fallu en sacrifier plus de 90 pour 100. Signalons, à ce propos, que

(1) Lespieau et Wiemann, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, 53, 1933, p. 1107.
(2) Lespieau, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 378.

le point de fusion peut être élevé à 116°-117°,5 en dissolvant le corps fondant à 113° dans l'alcool méthylique, puis ajoutant ce qu'il faut d'éther pour produire un léger trouble. On précipite ainsi une quantité insignifiante de flocons jaune rougeâtre, après quoi l'évaporation de la solution donne des cristaux présentant le nouveau point de fusion.

Désireux d'arriver à quelque chose de purifiable, sans perdre autant de matière, car l'érythrite acétylénique brute est assez pure, on a hydrogéné celle-ci. Le produit de l'opération, très riche en érythrite éthylénique, est resté totalement liquide, malgré une attente de trois années et l'introduction répétée de germes.

On l'a alors acétylé par l'anhydride acétique, ce qui a fourni $22^g$ d'une tétraacétine éthylénique, sous forme d'un liquide incolore passant à 190°-191° sous $12^{mm}$, ayant à 20° une densité de 1,186 et un indice D 1,462, ce qui implique une réfraction moléculaire 73,25, la théorie voulant 72,9.

Cette acétine a été oxydée par $4^g,4$ de chlorate d'argent en présence de $0^g,1$ d'acide osmique. Ici encore on n'a obtenu qu'un sirop ne cristallisant pas. Mais on a acétylé les deux oxhydriles qu'avait introduits l'oxydation, en vue d'avoir une hexacétine, et cette fois le liquide obtenu a cristallisé partiellement avec le temps. Les cristaux essorés se sont trouvés beaucoup plus solubles à chaud qu'à froid dans l'alcool méthylique, ce qui a permis de les purifier.

On a eu ainsi des cristaux blancs fondant à 166°-166°,5, au tube capillaire (168° corrigé). Leur analyse a donné pour 100 : carbone, 50,12; hydrogène, 6,06, ce qui s'accorde bien avec la composition d'une hexacétine d'hexite qui veut 49,77 et 5,99.

Or il se trouve dans les collections de l'École Normale quelques grammes d'hexacétine de la dulcite et ceux-ci fondent à 167°-168°. Nous en avons mélangé en quantités égales avec notre produit, et le point de fusion ne s'en est pas trouvé modifié sensiblement.

On est donc en droit de conclure que l'oxydation de l'érythrite éthylénique mise en œuvre donne un mélange d'allodulcite et de dulcite, la première pouvant s'isoler en nature, la seconde étant plus facile à obtenir sous forme d'hexacétine.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Des matières étrangères qui, ajoutées à l'eau mère d'une solution, sont susceptibles de modifier le faciès des cristaux du corps dissous.* Note (¹) de M. **L. Royer**.

1. On sait depuis fort longtemps que les formes simples des cristaux qui prennent naissance à partir d'une solution peuvent varier quand cette solution renferme certaines matières étrangères dissoutes.

Jusqu'ici la recherche de ces matières étrangères se faisait par tâtonnement; on ajoutait à la solution du corps une série de substances et l'on notait les cas dans lesquels les formes des cristaux ainsi obtenus se trouvaient changées.

Mais à présent on peut faire mieux. Je me propose, dans cette Note, de montrer qu'il existe entre les matières étrangères susceptibles de modifier le faciès des cristaux eux-mêmes des relations de structure bien définies qui permettent de choisir dans chaque cas la matière étrangère appropriée.

2. De très nombreuses observations sur la modification du faciès des cristaux par suite de la présence de matières étrangères dissoutes dans l'eau mère ont été faites par Gaubert. Dans un de ses Mémoires (²), Gaubert rapproche ces phénomènes de ceux de l'orientation mutuelle des cristaux d'espèces différentes en ces termes : « Il me semble que la modification du faciès dans le cas de syncristallisation peut être rattaché au même phénomène que celui de la production des faces octaédriques des cristaux de certains iodures alcalins par une lame de clivage des micas potassiques. »

Or nous connaissons actuellement les facteurs qui conditionnent l'orientation mutuelle (épitaxie) des cristaux d'espèces différentes. Comme je l'ai précisé à la suite d'une étude expérimentale (³), l'épitaxie est déterminée par des conditions de structure des deux cristaux qui s'orientent mutuellement.

Il reste donc à démontrer que ces mêmes facteurs, comme l'admet Gaubert, sont susceptibles de déterminer également des modifications du faciès de certains cristaux.

A cet effet on ne peut pas se servir, du moins à présent, des exemples donnés par Gaubert parce que la matière étrangère dissoute dans l'eau

(¹) Séance du 26 décembre 1933.
(²) Gaubert, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 378.
(³) L. Royer, *Bull. Soc. franç. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 7-159.

mère est en général constituée par un colorant organique tel que la fuchsine, l'éosine, la tartrazine, l'aurine, la vésuvine et autres. Or dans l'état actuel de nos connaissances, nous ignorons tout de la structure cristalline de ces corps.

Je me suis donc efforcé de rechercher des exemples de modification du faciès des cristaux en m'adressant à des corps de composition chimique très simple et de structure cristalline bien établie.

3. Les observations que j'ai pu faire et qui seront décrites ultérieurement mènent aux conclusions suivantes.

Prenons un corps A à structure cristalline connue. Soit $(pqr)$ un plan de grande densité réticulaire du cristal de A; ce plan sera donc susceptible de limiter extérieurement le cristal de A dans sa croissance en milieu fluide.

Mettons A en solution dans l'eau pure; déterminons les faces des cristaux de A abandonnés par cette solution et faisons l'hypothèse que parmi ces faces ne figure pas le plan $(pqr)$.

Or, pour voir paraître lors de la cristallisation de A la face $(pqr)$ et ses symétriques, il est nécessaire d'ajouter à la solution de A un corps B qui réponde aux conditions suivantes :

*a.* B est soluble dans la solution de A;

*b.* Il n'y a ni réaction chimique ni double décomposition entre A et B; on choisira donc de préférence un corps B qui a en commun avec A soit l'anion, soit le cation;

*c.* Le cristal de B a une symétrie différente de celle de A ou si B et A ont même symétrie leur mode de structure est distinct;

*d.* Le réseau du cristal B possède un plan $(p'q'r')$ qui a une maille plane simple ou multiple quasi identique en forme et en dimensions à une maille simple ou multiple du plan $(pqr)$ du réseau de A;

*e.* Les ions du cristal B dans le plan $(p'q'r')$ doivent être du même signe que les ions du cristal A dans le plan $(pqr)$;

*f.* Vraisemblablement les modes d'enchaînement des éléments du cristal doivent être identiques dans A et B.

En d'autres termes, il doit y avoir entre A et B les mêmes relations de structure que celles qui existent dans l'orientation mutuelle de deux cristaux qui n'ont en commun qu'une maille plane (épitaxie dipériodique). Il va sans dire que si B peut faire paraître la face $(pqr)$ sur les cristaux de A, inversement A peut faire paraître la face $(p'q'r')$ sur les cristaux de B.

Si une solution de A dans l'eau pure abandonne des cristaux dépourvus

de faces ($pqr$) et que dans les mêmes conditions une solution de B donne des cristaux sans faces ($p'q'r'$) il se peut que par cristallisation à partir d'une solution qui renferme les deux corps A et B on voit paraître à la fois la face ($pqr$) sur les cristaux de A et la face ($p'q'r'$) sur les cristaux de B. Il y a donc action mutuelle de A sur B et de B sur A.

GÉOLOGIE. — *Sur les relations de la zone primaire axiale des Pyrénées et de la zone nord-pyrénéenne.* Note de M. **Léon Bertrand**, présentée par M. L. Cayeux.

Dans un récent et très important Mémoire sur la structure du versant nord des Pyrénées Centrales et Orientales [1], M. Casteras a indiqué, à juste titre, sur la carte géologique et les planches de coupes qui accompagnent son Mémoire, un contact anormal entre le bord de la zone primaire axiale et la zone nord-pyrénéenne. Mais, à l'inverse de l'interprétation que j'en avais donnée par un important déplacement tangentiel, ce contact anormal résulterait, de même que ceux qui se rencontrent plus au nord, d'un morcellement du socle hercynien en blocs ayant joué les uns par rapport aux autres par des déplacements voisins de la verticale et auxquels la couverture de terrains secondaires est restée intimement liée; *ce morcellement serait, par conséquent, postérieur à cette couverture.*

Or je crois nécessaire de faire observer que, d'après les coupes mêmes de ce Mémoire, on aboutirait par cette interprétation à des contradictions. En effet, ces coupes figurent, de même que je l'avais fait, le bord de la zone axiale comme habituellement formé par les terrains primaires les plus récents; par contre, le socle du bloc nord-pyrénéen qui vient immédiatement au nord du contact en question débute très généralement par des gneiss plongeant au nord et, en tout cas, par des terrains primaires plus anciens que ceux du bord de la zone axiale. Si l'on admet un simple jeu de ces deux portions adjacentes de l'ancien socle par un déplacement subvertical, il en résulte que le bloc nord-pyrénéen a été fortement surélevé par rapport à la zone axiale ou, inversement, que *le bord de celle-ci a été abaissé par rapport au bloc nord-pyrénéen voisin.*

Mais si l'on envisage la couverture de terrains secondaires, comprenant depuis le Permotrias jusqu'à l'Albien, on aboutit à une autre conséquence

(1) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, **37**, n° **189**, 1933.

par les coupes en question. La bande de ces terrains qui se montre habituellement entre le bord de la zone axiale et celui du nord bloc-pyrénéen, généralement très étroite et parfois discontinue, est figurée comme un témoin synclinal de la couverture, déversé au nord et dont le flanc sud se montrerait souvent étiré au contact de la zone axiale. Cette disposition, jointe au plongement de ce contact vers le sud tel qu'il est figuré, témoignerait d'un léger chevauchement du bord de la zone axiale vers le nord et, en tout cas, d'*une surélévation de ce bord par rapport à celui du bloc nord-pyrénéen voisin*, notion inverse de la précédente et d'ailleurs plus normale. Cette contradiction ne pourrait guère s'expliquer qu'en admettant une dénivellation du socle primaire antérieure à la couverture et même plus forte que daus l'état actuel des choses.

Il faut, en outre, observer que des témoins de cette couverture existent en divers points du bord de la zone axiale, formés par du Permotrias discordant, qui devait être initialement, dans la conception de mouvements verticaux, en continuité avec la couverture du bord sud du bloc nord-pyrénéen voisin. Mais, de part et d'autre du contact de ces deux zones, le substratum en est tout différent, étant formé par des termes primaires récents au bord de la zone axiale et, au contraire, souvent par les gneiss au bord sud de la zone nord-pyrénéenne.

Avec la conception de mouvements subverticaux, on ne peut donc, semble-t-il, échapper à la conclusion que la dénivellation du socle primaire existait déjà lors du dépôt de la couverture secondaire et que le *morcellement de ce socle serait donc hercynien*, sous réserve des effets des mouvements ultérieurs, antécénomaniens et nummulitiques, qui auraient fait rejouer ces dislocations. Par contre, la différence de composition du substratum primaire de part et d'autre du contact anormal en question s'explique très facilement si l'on admet *an déplacement tangentiel important entre la zone axiale et la zone nord-pyrénéenne*, ayant amené en contact, avec leur couverture, des portions du socle ancien primitivement assez éloignées l'une de l'autre.

Je crois, en outre, intéressant de constater que la bande de terrains secondaires nord-pyrénéens qui existe généralement à la limite de la zone axiale et des massifs nord-pyrénéens les plus proches de celle-ci a été indiquée, dans le Mémoire de M. Casteras, comme faisant partie d'un synclinal de terrains métamorphiques, où les couches secondaires jusqu'à l'Albien inclusivement peuvent être profondément transformées par un processus que je persiste à considérer comme dû à un enfoncement des sédiments plutôt

qu'à l'écrasement mécanique de ce synclinal, où d'autre part ces couches métamorphiques s'accompagnent sporadiquement de lherzolites. Si d'ailleurs le texte du Mémoire se borne à indiquer une « concomitance de la mise en place des roches vertes basiques et du métamorphisme », deux des coupes générales figurent les lherzolites du Bois du Fajou et de la Forêt de Freychinède comme ayant pris la place de couches secondaires et sans aucune montée au travers des terrains primaires sous-jacents, c'est-à-dire une disposition conforme à l'hypothèse que j'ai émise à ce sujet et aux résultats des recherches détaillées faites autrefois par Michel Longchambon. Je suis heureux d'enregistrer cette concordance, de même d'ailleurs que l'accord de l'opinion de M. Casteras avec celle qui a été défendue par mon autre regretté collaborateur Pierre Viennot, en ce qui regarde l'âge triasique des ophites.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de poussées* antibétiques *en Andalousie.* Note (¹) de M. **M. Blumenthal**, présentée par M. Ch. Jacob.

Depuis que le double-pli glaronais dut être remplacé par les nappes à front plongeant, preuve d'un mouvement unilatéral, l'existence de contre-poussées à grande échelle fut souvent niée. Bien que des replis soient connus dans les chaînes alpines à des phases finales de plissement, leurs dimensions se subordonnent aisément au mouvement prépondérant.

Mais en Andalousie ces contre-poussées semblent avoir une importance considérable. J'ai montré (²) que, dans les Cordillères bétiques, la zone subbétique précédemment rapportée à des nappes venant du Sud n'a pas cette origine. Même dans la zone pénibétique, le caractère subautochtone doit prévaloir. Le bâti des nappes bétiques, ainsi amputé, est flanqué, à son bord extérieur, de replis qui indiquent un mouvement plus ou moins indépendant du grand mouvement unilatéral. On peut pour ce motif les distinguer comme des *plissements à direction antibétique*. De l'Est vers l'Ouest de la chaîne, quelques observations soulignent l'importance de ces mouvements.

Vers Velez Rubio (Murcie), l'existence d'un synclinal de Crétacé et de Flysch, sur lequel les plis de la Sra. de Maria-Gigante chevauchent vers le

(¹) Séance du 18 décembre 1933.
(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 11 .

Sud, a été notée par MM. Fallot et Bataller [1]. Le front du Paléozoïque de Malaga s'enfonce sous cette chaîne bordière de caractère subautochtone. Cette disposition subsiste sur $40^{km}$ vers l'Ouest jusqu'au bassin de Baza.

Au delà s'élève la Sierra Arana qui, formée d'une série d'écailles, démontre clairement une contre-poussée vers le Sud. Un lever de cette chaîne, fait avec MM. Fallot et Roch, a montré jusqu'à 6 écailles constituées par des dolomies et calcaires liasiques et du Flysch lutétien, partiellement très conglomératique. Ces écailles sont imbriquées sur le front du Bétique malaguais qui s'enfonce sous elles. Le bord sud de la Sa. Arana semble intimement soudé au soubassement bétique, et il est difficile de décider si elle est subbétique, c'est-à-dire subautochtone, ou pénibétique, c'est-à-dire solidaire du front du Bétique. Quoi qu'il en soit à cet égard, le style entier trahit des mouvements antibétiques.

Au delà du bassin de Grenade, la zone pénibétique révèle une pousée très prononcée vers le Nord; néanmoins des replis vers le Sud sont connus (Sa. Marchimonas, Sa. del Codo). Entre le Torcal et la Sa. Gorda (de Loja), l'auteur a distingué les éléments structuraux d'une « zone intermédiaire », qui chevauche largement un soubassement de Flysch [2], expliquant sa provenance par un refoulement vers le Sud. Par contre, si l'on considère la zone triasique d'Antequera, son origine et le style tectonique de tous ses éléments pénibétiques, l'autre interprétation, jadis également discutée (*loc. cit.*, p. 68), doit être préférée : il s'agit d'un élément venu du Sud et dont la racine a été étranglée sous la poussée de la masse bétique.

Revenons au Subbétique : au Nord du Trias d'Antequera, nous constatons à plusieurs reprises la suppression des flancs méridionaux dans les éléments structuraux calcaires [chaînes de Humilladero, d'Estepa (Pedrera), et Sa. del Tablon, Sud de Pruna]. Bien qu'il s'agisse là de failles déterminant des contacts avec le Trias, leur allure indiquerait une poussée vers le Sud. Enfin, la région gaditane donne des exemples suggestifs de ces mouvements inverses et désordonnés dans la zone subbétique.

Le corridor de Boyar, séparant au Nord le massif subbétique des montagnes pénibétiques d'Ubrique, a déjà été indiqué. Contre et sur le Flysch qui remplit principalement ce chenal de Trias, reposent par charriage plutôt local, poussés du Sud-Est au Nord-Ouest, des éléments pénibétiques entre

---

(1) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 988.

(2) M. Blumenthal, *Géologie des chaînes pénibétiques et subbétiques entre Antequera et Loja*, etc. (*Bull. Soc. géol. de France*, 5e série, 1, 1931, p. 23-93).

Ubrique-Benaocaz et Grazalema. De l'autre côté du chenal, un massif différent s'élève, dont les contacts indiquent incontestablement la position anormale par rapport au Trias et au Flysch du corridor. Au grand bombement anticlinal de la Sa. del Pinar s'accole le massif-annexe d'El Bosque. Ce massif liasique repose nettement sur le Trias par l'intermédiaire d'une bande de Crétacé marneux écrasé. Délimité par des contacts anormaux au Sud, tandis qu'au Nord il s'enfonce normalement sous le Crétacé et le Flysch, ce massif subbétique est poussé vers le Sud. Celui (liasique) de la Silla au Nord-Ouest d'Ubrique montre une allure semblable. Vers le Sud, où les chaînes s'incurvent vers le Campo de Gibraltar, les poussées capricieuses deviennent presque de règle. L'alignement des éléments pénibétiques dans la Sa. del Aljibe obéit, assez irrégulièrement, à la poussée normale vers l'Ouest. Mais le grand arc subbétique de la Sa. de las Cabras-de-la-Sal indique une poussée nettement dirigée vers le Nord-Est, donc obliquement vers le bord pénibétique. On pourrait croire que ces plissements sont propres aux différentes zones. Mais vers Alcalá de los Gazules, cette même direction vers le Nord ou le Nord-Est se répète dans la zone pénibétique; le double arc qui se détache dans les grès éocènes à l'Est de ce bourg est presque la copie de l'arc d'Algar. Au Sud, dans le Campo de Gibraltar, des mouvements vers le Sud s'affirment et l'on connaît la poussée, antibétique, que trahissent le Peñon de Gibraltar et le Djebel Musa.

Quant *aux raisons de l'instabilité de la direction de la poussée tangentielle dans l'avant-pays des nappes bétiques, et de son sens souvent inversé, ce sont des cas particuliers pour chacun desquels une analyse est nécessaire*. Dans le subbétique, où le Trias gypso-salin supporte des massifs calcaires isolés, les mouvements propres à cette masse mobile sont à mon avis responsables des phénomènes observés qui répondent à des phases ultérieures de plissements localement invertis par rapport à la direction alpine. Au front des nappes bétiques, une partie des contre-poussées apparentes résulte d'un encapuchonnement sous les replis subbétiques.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de l'Albien dans l'Aurès (Algérie).* Note de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans les régions occidentales des Monts du Hodna et le Massif du Bellezma (Batna), une lacune stratigraphique, correspondant à l'Albien,

amène le Cénomanien directement sur les terrains antérieurs (M. J. Savornin). On avait cru, en interprétant d'anciens documents de Tissot, pouvoir étendre l'existence de cette lacune à l'Aurès. En réalité, dans cette région, le Cénomanien est toujours séparé de l'Aptien par d'importantes couches albiennes, fossilifères.

Avec celles qui les encadrent, ces couches fournissent la coupe schématique suivante, établie à l'Ouest d'Arris :

*Cénomanien supérieur.* — 8. Marnocalcaires avec *Neolobites Fourtaui* Perv., *Acanthoceras rothomagense* Defr., *A. Haugi* Perv., *Mortoniceras boghariense* Coq., *Turrilites costatus* Lamk., et la faune classique à Échinides et Ostracés du Cénomanien néritique de l'Afrique du Nord.

*Cénomanien inférieur.* — 7. Marnes bleuâtres et rares bancs calcaires avec : *b*, au sommet : *Acanthoceras Mantelli* Sow., *Turrilites Scheuchzerianus* Bosc.; *a*, à la base : *Acanthoceras laticlavium* Sharpe type et variété *byzacenia* Perv.

*Vraconnien.* — 6. Marnes noires et calcaires compacts, comportant des intercalations de lits de marnes phosphatées, avec : *Mortoniceras inflatum* Sow., *M. geometricum* Spath., *M.* cf. *Roissyanus* d'Orb., *Mortoniceras* sp., *Brancoceras varicosum* Sow., *Puzosia Mayoriana* d'Orb., *Turrilites* sp., *Hamites* sp., *Belemnites* (*Hibolites*) *minimus* Lister., *Belemnites* sp., divers Échinides et Ostracés.

*Albien* s. str. — 5. Grès bruns, souvent à grain grossier, et intercalation de marnes gréseuses et de faibles bancs calcaires. Les couches gréseuses ne m'ont pas fourni de fossiles déterminables, mais j'ai pu observer, à leur surface, des empreintes de Gastropodes et de Lamellibranches marins. Les bancs marneux contiennent des débris d'Huîtres, des Rhynchonelles et des Térébratules. Enfin les bancs calcaires fournissent l'intéressante faune suivante : *Knemiceras Ebrayi* de Lor., *K. Uhligi* Choff., *K. syriacum* Buch., *K.* cf. *gracile* H. Douv., *Trigonia* sp.

*Gargasien.* — 4. Calcaires marneux compacts avec *Enallaster Tissoti* Coq. fréquent et *Pseubodiadema Malbosi* Cott. — 3. Calcaires, souvent dolomitisés, contenant en très grande abondance *Orbitolinaconoidea-discoidea* Gras, libres à la surface de certains bancs marneux. Dans les calcaires on voit souvent des sections de Nérinées, de Polypiers et même de Rudistes (*Toucasia*), malheureusement rares et impossibles à dégager.

*Bedoulien.* — 2. Marnes et bancs de calcaires marneux avec *Parahoplites Deshayesi* Leym., *P. consobrinus* d'Orb., *Ostrea latissima* Lamk., (= *Ostrea aquila* Brong.), Rhynchonelles et Térébratules.

1. Grès néocomiens.

On voit que l'Albien est certainement représenté dans cette coupe.

Les calcaires marneux à *Enallaster Tissoti* (couche n° 4) ne contenant pas de fossiles caractéristiques, on peut hésiter sur leur âge. Ce n'est que dubitativement que je les rapporte à l'Aptien. Des couches analogues ont été observées par M. Blayac au Sidi Rghis, où elles contiennent *Oppelia*

*nisoides* Sar. et *Desmoceras* cf. *akushaense* Anth.; elles pourraient donc représenter le niveau de Clansayes. Cependant, en raison de leur faciès, j'ai été amené sur mes cartes à les rattacher à l'Aptien; ce que je ferais encore ici. Il y a lieu d'ajouter que j'ai toujours trouvé *Enallaster Tissoti* abondant à ce niveau et jamais rencontré ailleurs; de même Pervinquière le signale en Tunisie dans les couches de passage de l'Aptien à l'Albien. *Pseudodiadema Malbosi* est signalé, entre autres gisements, dans l'Aptien supérieur de la Clape.

Les couches gréseuses (5) sont certainement albiennes. Le type de *Knemiceras Ebrayi* provient du Gault de Cosne et a été signalé en Algérie de l'Albien du Dréat par M. J. Savornin. *K. Uhligi*, bien connu au Portugal et attribué au Vraconnien par Choffat, est signalé en Tunisie dès la base de l'Albien par Pervinquière, et, ainsi que les deux autres espèces de *Knemiceras*, au Gebel Moghara par M. H. Douvillé avec *Douvilléiceras mamillare*. Ces faciès gréseux de l'Albien sont connus, en dehors de l'Aurès, dans les régions avoisinantes, où ils ont été indiqués à maintes reprises depuis Péron, qui avait déjà insisté sur la généralité du caractère détritique des couches albiennes.

Les marnes phosphatées (6) contiennent une faune typique du Vraconnien. Le faciès est d'ailleurs classique à ce niveau dans l'Algérie orientale, où il a été signalé dans les Monts du Hodna par M. J. Savornin, à l'Oued Athmenia, près de Constantine, par M. L. Joleaud, enfin au Metlili, à l'Oued Merdedou par Péron. Il existe aussi dans le Sud de l'Aurès, où je l'ai retrouvé en un petit affleurement au centre de l'anticlinal de l'Ahmar Khaddou. Il est également connu du Sud tunisien où il a été signalé par Thomas.

L'épaisseur de l'Albien étudié dans cette Note est considérable: on ne doit pas attribuer moins de 200 à 250 mètres aux couches gréseuses et près d'une cinquantaine de mètres au Vraconnien.

MYCOLOGIE. — *Les barrages sexuels chez* Lenzites betulina (L) *Fr.* Note [1] rectificative de M. **René Vandendries**, présentée par M. L. Mangin.

Une Note préliminaire [2] résumait les résultats d'expériences destinées à mettre en lumière les causes des barrages sexuels chez l'espèce

(1) Séance du 9 octobre 1933.

(2) R. Vandendries et Harold J. Brodie, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 721.

citée. Ces barrages, larges de plusieurs millimètres, se présentent dans les confrontations entre cultures haploïdes sur agar, quand les mycéliums renferment respectivement les facteurs sexuels $b$ et $b'$, couplés soit au facteur $a$, soit au facteur $a'$.

L'emploi de cloisons étanches et non étanches de diverse nature interposées entre les végétations en cause n'ayant pas empêché le phénomène, nous en avions conclu que les agents responsables de ces barrages étaient capables de traverser certaines substances solides telles que lame de verre, mica, etc. Il résulte d'expériences nouvelles sur le même sujet que nous devons modifier notre interprétation. Il semble bien qu'en séparant complètement les individus confrontés grâce à l'emploi de ballons de verre très mince, de façon à éviter toute communication par la voie de l'air, les phénomènes ne se produisent plus. Les émanations actives ne traversent donc pas le verre, elles paraissent gazeuses et dans nos expériences avec cloisons nous prévoyons qu'elles ont contourné les obstacles [1]. Nous poursuivons nos recherches dans cette voie et tâcherons de résoudre définitivement le problème.

L'analyse de plusieurs souches de *Lenzites betulina*, étrangères l'une à l'autre, nous a montré d'autre part, que seuls sont en cause pour provoquer le barrage, les facteurs mendéliens $b$ et $b'$, indépendamment des facteurs $a$ et $a'$.

Dans les confrontations fertiles qui répondent aux formules $ab \times a'b'$ ou $a'b \times ab'$, il y a apparition d'un barrage qui persiste pendant plusieurs jours et peut même, parfois, se maintenir indéfiniment, malgré l'apparition de mycélium diploïde qui reste caché dans la couche d'agar. La conjugaison a toujours lieu dans le milieu nutritif. Le phénomène s'est montré constant dans toutes les confrontations entre haplontes étrangers, lesquels sont toujours fertiles entre eux.

Jamais nous n'avons vu apparaître de barrage dans les confrontations répondant aux formules $ab \times a'b$, $ab' \times a'b'$, ni dans les confrontations entre individus de même formule sexuelle.

Les barrages entre individus qui se conjuguent sont moins larges que ceux déjà décrits et comme ils ne sont pas toujours permanents, leur vraie nature nous avait échappé. Ces modalités s'expliquent par le fait que les végétations en cause obéissent ici à une affinité sexuelle qui doit tendre à la conjugaison. L'effet antagoniste domine d'abord, quoique déjà affaibli, et

(1) René Vandendries et Harold J. Brodie, *La Cellule*, 42, 1933, p. 165.

peut même persister, comme ce fut le cas dans une confrontation fertile entre haplontes frères et dans un grand nombre de confrontations entre haplontes de souches étrangères l'une à l'autre.

Nous concluons en disant que :

1° les agents qui provoquent les barrages sexuels chez *Lenzites betulina* paraissent être des émanations gazeuses;

2° la présence, dans les végétations haploïdes confrontées, des facteurs mendéliens *b* et *b'* est une cause nécessaire et suffisante pour que les barrages se manifestent.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les conditions du pH nécessaires pour obtenir la germination des grains de pollen et la coloration vitale de leurs vacuoles.* Note de M^me **Hurel-Py**, présentée par M. L. Mangin.

La première partie de cette Note sera consacrée à l'étude de la germination des grains de pollen. Ces recherches ont été faites pendant l'année 1932-1933, à la même éqoque que celles de P. Dangeard sur le même sujet.

Les grains de pollen d'*Antirrhinum majus* parvenus à maturité montrent, colorés vitalement par le rouge neutre, de nombreuses vacuoles réparties dans tout le cytoplasme. Placés dans des solutions de saccharose additionnées de rouge neutre, suivant la méthode indiquée par Guilliermond pour les Saprolégniacées, de manière à suivre l'évolution du système vacuolaire pendant leur germination, ces grains de pollen ne se développent pas et j'essaierai d'en donner la raison dans la deuxième partie de cette Note. J'ai donc été obligée de faire germer le pollen dans une solution de saccharose à 8 pour 100 et de le colorer par le rouge neutre, aux diverses phases de sa germination. Au début de la germination, le volume des vacuoles augmente très nettement; parfois, mais pas toujours, les vacuoles se groupent à l'endroit où naîtra le tube pollinique; lorsque celui-ci est très jeune, les vacuoles du grain de pollen se rassemblent pour former une grosse vacuole centrale; dans le tube, le système vacuolaire présente différents aspects : soit qu'il ne contienne aucune vacuole, fait assez rare du reste, soit que la grande vacuole centrale du grain de pollen se prolonge dans l'axe du jeune tube, soit encore que celui-ci contienne simplement de petites vacuoles de différentes tailles. Dans les stades plus âgés, le grain de pollen est occupé par une seule grosse vacuole qui subsiste, d'ailleurs, jusqu'à la fin de la

germination : à l'extrémité du tube pollinique on trouve toujours de très petites vacuoles; dans le reste du tube, le système vacuolaire prend par endroits l'aspect filamenteux et il m'est arrivé d'observer, sous le microscope, des modifications dans la forme des vacuoles se manifestant par la transformation de vacuoles filamenteuses en vacuoles rondes et inversement. J'ai pu constater, plusieurs fois, la formation « de novo » de petites vacuoles à l'extrémité du tube germinatif. Des résultats semblables ont été obtenus avec des grains de pollen de *Sternbergia lutea* et *Nicotiana alata*.

Il est curieux de constater que, contrairement à ce qu'on observe pour les zoospores des Saprolégniacées, les grains de pollen sont incapables de germer en se colorant dans des milieux saccharosés additionnés de rouge neutre. Le même fait a été constaté par Plantefol. Seul P. Dangeard dit avoir obtenu dans ces conditions la germination des grains de pollen, mais il n'indique pas la méthode suivie.

En recherchant la cause de ce phénomène, je me suis aperçue que les grains de pollen ne germaient qu'en milieu acide. Or on sait (Irwin, Pischinger, Bailey et Zirkle, Guilliermond, Dufrenoy et Labrousse, Chadefaud) que la coloration vitale des vacuoles ne peut se produire qu'à un pH plus ou moins proche de la neutralité, généralement au-dessus de 5,5. On peut donc se demander si le fait que les grains de pollen ne se colorent pas en germant ne tient pas en partie à cette cause.

Pour essayer de résoudre cette question, j'ai procédé à une étude de la germination des grains de pollen en fonction du pH du milieu de culture. Ce milieu a toujours été une solution de saccharose à 12 pour 100 dont le pH a été modifié par l'addition de HCl. Les expériences ont porté sur les grains de pollen de *Lilium candidum*, *Lilium Regale*, *Lilium Willmottiæ*, *Lilium tigrinum*, *Eschscholtzia Californica* et *Sedum stoloniferum*. Les résultats qui seront publiés très prochainement en détails dans un Mémoire, montrent que les conditions optima de germination correspondent toujours à un pH inférieur à 5 pour les plantes ci-dessus citées. J'ai fait aussi des cultures de *L. Willmottiæ* et de *L. Regale* sur des milieux saccharosés, additionnés de rouge neutre à différents pH. Les grains de pollen se colorent tous bien dans les milieux de pH 7,8 à 7,2, mais aucun ne germe. Dans les milieux de pH 7 à 5,2, une grande partie des grains se colore mais ne germe pas ou exceptionnellement, ce qui est naturel, car la proportion de pollen germant n'est que de 5 pour 100 et les germinations ne sont jamais normales. Au-dessous de pH 5,2 les grains de pollen germent mais ne sont pas colorés.

J'ai recherché s'il n'existait pas de grains susceptibles de germer en milieu neutre ou alcalin. Pour cela deux séries de cultures ont été effectuées parallèlement l'une sur eau de source additionnée de saccharose (pH 7,6 environ), l'autre sur eau distillée additionnée de saccharose (pH 6,6 environ). Chez toutes les plantes suivantes : *Tradescantia subaspera*, *Zea Mais*, *Dalhia coccinea*, *Boltonia asteroides*, *Helianthus strumosus*, *Nicotania alata*, *Nicotania tabacum*, *Solanum pyracanthum*, *Cucurbita moschata*, *Luffa Ægyptiaca*, *Ricinus communis*, *Salvia splendens*, *Ipomea cerulea*, aucune germination ne s'est produite dans l'eau de source, alors que des germinations ont eu lieu en plus ou moins grand nombre dans l'eau distillée. Enfin, pour vérifier que le rouge neutre n'est pas toxique et n'entrave pas la germination, des grains de pollen de *Lilium tigrinum* ont été colorés dans une solution de saccharose additionnée de rouge neutre à 3/10000$^e$, à pH 7,2. Une heure et demie après les grains de pollen étaient tous bien colorés. Transportés alors dans une solution de saccharose à pH 4,7 environ, 95 pour 100 des grains de pollen germèrent et certains présentaient une coloration de leur système vacuolaire.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Influence inhibitrice du radium sur la croissance des radicelles de* Lens esculenta *Moench : modifications de la dose empêchante minima sous l'influence d'ions antagonistes.* Note [1] de MM. **A.** et **R. Sartory**, **J. Meyer** et **Ernst.**

Dans une Note antérieure nous avons pu établir les conditions et les facteurs nécessaires à l'établissement d'un étalon de comparaison permettant de contrôler rigoureusement l'effet du radium sur les radicelles de *Lens esculenta*. Nous avons ainsi fixé la dose empêchante minima (D. E. M.) de radium qui détermine l'arrêt de la croissance des radicelles. On a d'autre part examiné l'influence des distances et des temps sur les courbes des mitoses du tissu d'accroissement de ces radicelles et les symptômes macroscopiques de l'inhibition dans la croissance en appliquant toujours des doses correspondant à la D. E. M. sur des radicelles germées dans l'eau distillée, irradiées au contact direct au moyen de 7,8 M. C. (8 tubes à 37,5 microcuries pendant 26 heures sur une surface de 6$^{cm^2}$; filtration au moyen de 1$^{mm}$ de platine).

---

(1) Séance du 3 janvier 1934.

Dans le présent travail nous avons essayé de déterminer l'influence de différents ions sur les variations de la D. E. M. en utilisant toujours des radicelles de *Lens esculenta*. En dehors de l'addition de différents ions, toutes les conditions expérimentales restaient les mêmes. Nous avons employé des sels facilement solubles dans l'eau et cristallisés à deux reprises successives.

L'action primaire de l'ion en étude sur la croissance des radicelles a été chaque fois étudiée préalablement au moyen de solutions pures à concentrations croissantes à partir de la solution isotonique. Nous avons choisi la concentration qui occasionnait, pour une poussée de 24 heures, la formation de radicelles de 6 à 8$^{mm}$ de longueur, d'aspect sain et vigoureux, en tous points comparables à celles qui avaient pris naissance en eau distillée. D'autre part au bout de 15 jours l'évolution des radicelles témoins et des radicelles en expérience devait être sensiblement la même.

Pour chaque essai nous avons donc constitué trois lots de graines munies de leurs radicelles : 1° celles germées dans l'eau distillée et irradiées; 2° celles germées dans une solution du sel en question et non irradiées; 3° celles germées dans des solutions de sels envisagés et irradiées.

Lors de nos expériences nous avons pu constater qu'il existe trois catégories d'ions par rapport à l'effet du radium sur les cellules végétales. Nous étudions ici les ions antagonistes à l'effet du radium; parmi ces sels nous choisissons pour notre exposé les résultats obtenus au moyen de magnésium et de potassium.

La concentration optima par rapport aux résultats obtenus par la germination en eau distillée correspond aux solutions suivantes :

Magnésium ($MgSO^4$ anhydre) : solution isotonique à 1$^g$,75 pour 100.
Potassium (KCl) : solution isotonique à 1$^g$,08 pour 100.

Nous reproduisons dans le tableau suivant les valeurs mitotiques pour 100 obtenues en appliquant notre D. E. M.

| Heures. | Valeur témoin : non irradiée. | Valeur témoin D. E. M. | | | | Valeur mitotique Mg. | | | | Valeur mitotique K. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1er j. | 2e j. | 3e j. | 4e j. | 1er j. | 2e j. | 3e j. | 4e j. | 1er j. | 2e j. | 3e j. | 4e j. |
| 8. | 5,8 | – | 6,2 | 4 | 3,2 | – | 9,5 | 9 | 9 | – | 7 | 6,5 | 4,8 |
| 10. | 10 | – | 6 | 6 | 3,5 | – | 12,5 | 10 | 10 | – | 13 | 8 | 5 |
| 12. | 18 | 7,2 | 6,5 | 4,8 | 4,8 | 13,5 | 14 | 13,5 | 13,5 | 14 | 14 | 9 | 11 |
| 14. | 12,2 | 10,8 | 7,3 | 6,5 | 3,2 | 17 | 12 | 13,5 | 12 | 14 | 10,5 | 11 | 6 |
| 16. | 9,5 | 6 | 6,5 | 3,2 | 0 | 11,5 | 11 | 12 | 10,5 | 7,5 | 8 | 7 | 4,5 |
| 18. | 8,6 | 4,3 | 4,4 | 3 | 1 | 10 | 9 | 10,5 | 9,5 | 6 | 6,5 | 5 | 3,5 |
| 20. | 7,2 | 2,8 | 3,2 | 2,8 | 0,5 | 9 | 8,5 | 9,0 | 8 | 6,5 | 4,5 | 4 | 4,5 |

Les maxima de la courbe magnésienne au contact direct pour la D. E. M. sont donc successivement de 17,6 pour 100 contre 10,7 pour 100; de 13,9 contre 7,5; de 14 contre 6,47; de 13,42 contre 3,8; de 12,9 contre 0. Nous ne constatons pas de décalement de l'heure des maxima des mitoses vers le soir; au contraire celles-ci se produisent à l'heure normale.

Les maxima de la courbe de potassium sont pour la D. E. M. les suivants: 17,20; 13,87; 10,90; 6,25; 5,6 pour 100. Ici on constate donc une protection moins efficace contre l'effet nocif du radium. Le même fait s'exprime par un décalage de l'heure des maxima qui s'exprime par un retard de 2 heures environ par rapport à la courbe témoin.

Le contrôle macroscopique en tubes de *Borrel* prouve pour le magnésium le même fait. La D. E. M. en présence de ce sel n'a pas été atteinte; la radicelle primaire continue sa croissance après le terme de 5 jours. Pour le potassium les radicelles brunissent vers le 3e ou 4e jour après l'irradiation; l'accroissement cesse à partir du 6e jour. Mais au 9e jour apparaissent des radicelles secondaires.

Dans les deux cas la présence des ions Mg ou K a donc exercé sur la cellule végétale une action protectrice efficace contre l'action de la D. E. M. du radium qui s'est montré insuffisante pour réaliser les conditions exigées.

Nous avons ensuite dosé le pouvoir antagoniste que le magnésium et le potassium confèrent aux cellules irradiées en cherchant la surchage de radium nécessaire pour retomber sur la courbe D. E. M. normale.

De l'ensemble de nos constatations, nous pouvons conclure que la dose D. E. M. normale fixée à 7,8 M. C. a été largement insuffisante, à la suite de la présence de magnésium et de potassium, car pour le magnésium la dose D. E. M. a dû être portée à 11,015 M. C. et pour le potassium vers 10,16 M. C.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Différences variétales dans l'absorption de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse par des blés ayant atteint une même époque physiologique dans un même milieu.* Note de MM. **L. Maume** et **J. Dulac**, présentée par M. P. Viala.

Il importe avant tout de ne faire porter la comparaison que sur des échantillons végétaux physiologiquement comparables. En effet, les quantités d'éléments absorbés dépendent surtout de l'âge du végétal.

D'autre part, étant donné que certaines variétés parcourent plus rapide-

ment que d'autres leur cycle végétatif (variétés hâtives et tardives), il ne saurait être question, pour le problème qui nous intéresse, de prélever au même moment des échantillons sur diverses variétés de blé dont les unes sont proches de la maturité alors que d'autres commencent à peine à former leurs épis. C'est pourquoi nos chiffres d'analyse ne se rapportent qu'à des échantillons prélevés à un moment précis du cycle végétatif, la floraison, dont les manifestations extérieures sont faciles à saisir.

La collection de blés dépendant de la chaire d'Agriculture de l'École de Montpellier nous a fourni en 1933 la matière de cette étude. Des variétés sélectionnées y sont semées en ligne sur un terrain homogène.

L'échantillonnage a porté sur toute la partie aérienne de plusieurs pieds moyens au moment où un tiers des épillets présente la sortie des étamines, ce qui correspond parfois à une différence de temps de 20 jours entre deux variétés.

Les conditions de cette expérience donnent ainsi assez de sécurité quant à l'identité de tous les facteurs pour admettre que les différences révélées par l'analyse entre chaque variété sont attribuables à des chimismes différents.

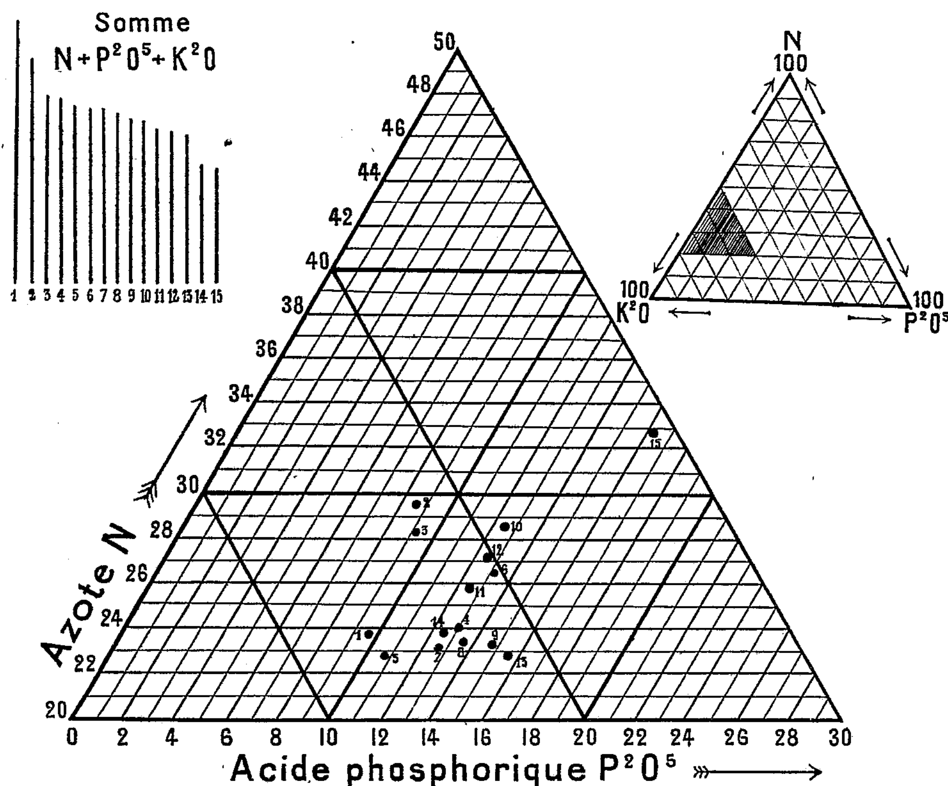
Les teneurs en azote, acide phosphorique et potasse, déterminées par l'analyse sont exprimées dans le tableau suivant pour 100 de matière sèche.

| Variétés. | Azote. | Ac. phosph. | Potasse. | Somme. |
|---|---|---|---|---|
| 1. Alsace | 1,19 | 0,49 | 3,32 | 5,00 |
| 2. Ardito | 1,26 | 0,36 | 2,65 | 4,27 |
| 3. Vilmorin | 1,02 | 0,33 | 2,27 | 3,62 |
| 4. Carlotta Strampeli | 0,85 | 0,46 | 2,22 | 3,53 |
| 5. Gironde | 0,78 | 0,37 | 2,27 | 3,42 |
| 6. Hâtif inversable | 0,91 | 0,45 | 2,06 | 3,42 |
| 7. Manitoba | 0,78 | 0,43 | 2,16 | 3,37 |
| 8. Rouge prolifique barbu | 0,76 | 0,44 | 2,04 | 3,24 |
| 9. Trésor | 0,74 | 0,47 | 1,96 | 3,17 |
| 10. Alliés | 0,89 | 0,39 | 1,83 | 3,11 |
| 11. Bordeaux | 0,77 | 0,37 | 1,83 | 2,97 |
| 12. Bon fermier | 0,80 | 0,38 | 1,78 | 2,96 |
| 13. Touzelle blanche | 0,66 | 0,45 | 1,78 | 2,89 |
| 14. Aurore | 0,54 | 0,28 | 1,45 | 2,27 |
| 15. Amidonnier | 0,73 | 0,36 | 1,13 | 2,22 |

*Toutes choses égales d'ailleurs, sol, climat, méthodes culturales, âge physiologique, les teneurs pour* 100 *de matière sèche, en azote, acide phosphorique et potasse dans diverses variétés de blé sont différentes.*

Il apparaît notamment que, si les quantités d'azote et d'acide phosphorique peuvent prendre les valeurs extrêmes 0,54 à 1,26 pour l'azote et 0,28 à 0,49 pour l'acide phosphorique, sensiblement du simple au double dans les deux cas, les quantités de potasse varient du simple au triple (1,13 à 3,32).

Ce tableau suggère un graphique dans lequel on figure par un point à




l'intérieur d'un triangle équilatéral (¹), les valeurs simultanées de ces trois éléments pour 100 de leur somme.

C'est le point représentatif de la *balance minérale* N, $P^2O^5$, $K^2O$, au moment de la floraison.

L'examen de ce graphique permet la conclusion suivante :

*Les facteurs physiques et chimiques étant les mêmes pour différentes variétés,*

---

(¹) Représentation graphique déjà employée pour d'autres études sur l'alimentation végélale (LAGATU et MAUME, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1558).

*la balance minérale azote, acide phosphorique et potasse à une même époque physiologique est différente d'une variété à l'autre.*

On voit par là combien il importe de considérer la *variété*, facteur souvent négligé, dans l'étude des exigences minérales du blé.

PHYSIOLOGIE. — *Un nouveau cardio-myographe très sensible, à fil élastique, à amplification à la fois mécanique et optique.* Note de MM. **F. Marceau** et **L. Acolat**, présentée par M. L. Lapicque.

La nécessité d'enregistrer simultanément sur le même cylindre et dans des conditions comparables les phénomènes mécaniques et électriques du cœur et des muscles nous a conduit à la conception de cet instrument très sensible et pratiquement dépourvu d'inertie.

Son principe consiste à utiliser la déformation par flexion, dans le sens horizontal, d'un fin fil vertical de quartz argenté, dont l'une des extrémités est encastrée dans un canon fixe alors que l'autre est engagée dans une très fine aiguille creuse d'acier, astreinte à se déplacer verticalement dans un pont-guide à rubis olivés. Sous l'action de la contraction d'une cavité cardiaque ou du gonflement d'un muscle excité, l'extrémité libre, par l'intermédiaire de l'aiguille, est soulevée d'une petite hauteur ($1/10^e$ à 1 ou $2^{mm}$) et le fil prend une forme arquée dont la flèche atteint plus de 20 fois la hauteur du soulèvement : donc amplification mécanique importante, susceptible d'être associée à une amplification optique de 10 à 50 à l'aide d'un simple microscope de projection. La courbe de flexion prise par le fil est une sinusoïde ainsi que l'a établi le mathématicien Euler (courbe de flambement d'une tige élastique encastrée à ses deux extrémités et dont l'une est soumise à une pression suivant la direction de l'encastrement).

Si $l$ est la longueur du fil, $x$ le soulèvement de l'une des extrémités et $y$ la flèche de la sinusoïde, pour des soulèvements très faibles on peut établir la relation

$$y = \frac{2}{\pi}\sqrt{xl} = 0,636\sqrt{xl}. \qquad (1)$$

La courbe représentative des variations de $y$ par rapport à $x$ est une parabole de paramètre $2/\pi^2 l$.

---

(1) La sinusoïde est d'ailleurs très voisine d'un arc de cercle et en admettant cette forme de courbure pour le fil, on trouverait $y = \sqrt{6}/4\sqrt{xl} = 0,613\sqrt{xl}$.

Il en résulte que le rapport $y/x$ ou l'amplification mécanique, qui dépend de la valeur de $l$, d'abord très grande, diminue ensuite assez rapidement. Par exemple pour un fil de $12^{cm}$ et des soulèvements $x$ de $0^{mm},1$, $0^{mm},5$ et $1^{mm}$, les flèches $y$ des déplacements du milieu du fil seront $2^{mm},2$, $5^{mm}$ et $7^{mm}$, d'où des amplifications de 22, 10 et 7. Cette variation dans l'amplification au cours de l'enregistrement est un inconvénient qui, au premier abord, paraît sérieux, car toute courbe inscrite devra être corrigée, ce qui théoriquement serait assez long; dans la pratique l'opération peut être faite rapidement par la méthode graphique pour un fil déterminé.

Théoriquement la flexion devrait se produire d'une façon indifférente dans n'importe quel plan vertical. Mais on peut orienter convenablement le canon pour que la flexion se produise par exemple dans le plan du cadre support de l'appareil.

Il ne faut pas oublier que le fil élastique déformé a une période propre; il est nécessaire, pour un enregistrement correct, que cette période soit notablement inférieure à celle du mouvement que l'on veut enregistrer. Pratiquement, une période de 1/50e de seconde permet un enregistrement correct des battements du cœur de la Grenouille. Pour un gastrocnémien, cette période fait sentir nettement son action et un fil de période 1/100e de seconde conviendra beaucoup mieux. Les fils à période très courte sont courts et fins; l'amplification mécanique est plus faible, mais on peut alors compenser sa valeur par une amplification optique plus grande.

La force nécessaire à la déformation est extrêmement petite avec des fils longs et très fins (longueur, 5 à $12^{cm}$; diamètre, 50 à 100 microns); d'abord infiniment petite, elle croît ensuite progressivement au fur et à mesure que la flexion augmente : propriété précieuse, qui, associée à la grande amplification mécanique du début, convient tout spécialement pour l'enregistrement précis du début d'un mouvement.

L'appareil comprend un cadre en laiton en forme de C majuscule; les branches superieure et inférieure portent respectivement le canon et le pont-guide. Sous ce cadre, une plaque horizontale destinée à recevoir les organes à étudier peut se déplacer verticalement. D'où grande simplicité, maniement facile et prix de revient peu élevé.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Un nouveau type de maladie à ultravirus chez les Insectes.* Note (¹) de M. A. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

En examinant des chenilles d'*Agrotis segetum* récoltées en octobre dernier dans un terrain maraîcher de la banlieue lyonnaise, j'ai eu l'occasion d'observer une chenille malade dont la teinte blanchâtre du corps rappelait celle des chenilles de *Pieris brassicæ* atteintes de pseudo-grasserie (²). A l'examen microscopique du sang, on constate la présence de petites particules animées de mouvements browniens très rapides et à grande amplitude. Ces particules sont légèrement plus volumineuses que celles observées dans le sang des Piérides atteintes de pseudo-grasserie; comme ces dernières, elles ne se multiplient que dans les cellules adipeuses et passent dans le sang après destruction des cellules parasitées. Elles se colorent faiblement par la fuchsine de Ziehl à chaud et se présentent sous forme de petits cocci mesurant $0^{\mu},3$ à $0^{\mu},4$ de diamètre. Ce sont des éléments organisés au même titre que les autres ultravirus d'Insectes déjà connus.

A l'ouverture du corps de la chenille malade, le corps adipeux, d'un blanc crémeux, apparaît nettement plus volumineux qu'à l'état normal et se présente sous un aspect feuilleté très caractéristique. Après fixation par le formol salé et postchromisation prolongée, puis coloration des coupes par la fuchsine acide, le bleu de toluidine et différenciation à l'aurantia (méthode de Kull), on met en évidence, dans le tissu adipeux, des lésions d'un type très particulier. Tout d'abord, le noyau perd son aspect granuleux et se transforme en une masse qui affecte souvent la forme d'un croissant. La masse cytoplasmique est envahie peu à peu par les corpuscules représentant les éléments parasitaires. Ceux-ci sont parfois très nettement visibles sur coupes quoique faiblement colorés par la fuchsine. Le chondriome se présente, dans les cellules altérées, sous forme de grains qui ont tendance à s'agglutiner entre eux pour donner naissance à des masses d'aspect muriforme. Souvent les grains et les masses chondriosomiques sont rejetés à la périphérie.

Les cellules adipeuses non encore infectées se rencontrent surtout à la périphérie des masses adipeuses et dans les parties antérieure et posté-

(¹) Séance du 3 janvier 1934.
(²) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 180.

rieure du corps; elles diffèrent des cellules de chenille normale par leur taille plus réduite, par une diminution de volume de la masse cytoplasmique qui forme dans la cellule de minces trabécules délimitant des vacuoles de forme et de dimensions très irrégulières. D'après le nombre des noyaux, très denses en certains points, et d'après le volume total de la masse adipeuse, on peut admettre qu'il y a eu prolifération cellulaire au début des processus morbides; mais je n'ai pu vérifier l'exactitude de cette hypothèse par insuffisance de matériel.

En certains points infectés du corps adipeux, on observe des formations arrondies très curieuses dont l'aspect général peut être comparé à celui des follicules si fréquemment observés dans certaines maladies de Mammifères à évolution lente, la tuberculose notamment. Le centre du follicule, mesurant $70^{\mu}$ environ de diamètre, est occupé par des cellules adipeuses altérées et quelques petits noyaux à structure normale; des cellules adipeuses à noyau et cytoplasme très allongés semblables à des cellules conjonctives forment la paroi. Dans la zone périphérique, on observe de très nombreux éléments cellulaires de petite taille, à couche cytoplasmique non vacuolaire, qui représentent des cellules adipeuses modifiées.

Par ses caractères anatomo-pathologiques, la maladie nouvelle observée chez *Agrostis segetum* appartient manifestement à un type morbide non encore décrit jusqu'ici chez les Invertébrés. Elle doit être rapprochée de la pseudo-grasserie des Piérides aussi bien par la dimension des éléments virulents que par leur affinité très marquée pour les cellules adipeuses. Mais les réactions cellulaires diffèrent essentiellement dans l'une et l'autre maladies. D'autre part, les essais d'infection *per os* et *per cutem* ont donné des résultats négatifs alors que la pseudo-grasserie des Piérides est très facilement transmissible par la voie buccale. Il est probable que le parasite ne peut infecter un organisme nouveau que dans certaines conditions non réalisées expérimentalement. Bien que les dimensions des éléments virulents soient microscopiques, le parasite doit être rangé parmi les ultravirus en raison de son affinité pour la cellule vivante et des lésions cellulaires qu'il provoque.

PARASITOLOGIE. — *Fréquence saisonnière et diapause larvaire de la mouche* Lucilia bufonivora [1]. Note [2] de M. E. **Brumpt**, présentée par M. P. Marchal.

*a. Fréquence saisonnière.* — Certains auteurs (Portchinsky, 1898; Hesse, 1906) ont admis, sans en apporter la preuve, puisque l'élevage de cette mouche d'œuf à œuf n'avait encore jamais été obtenu avant mes études sur ce sujet, que cet insecte présente deux générations par an, l'une en juin et l'autre en août. Or, il résulte de mes observations que les mouches nées du 8 au 20 août près de Carentan (Normandie) peuvent déjà pondre 8 jours plus tard et que le cycle complet d'œuf à œuf est d'environ 24 à 30 jours. Comme il résulte, d'autre part, des observations de Mortensen (1892) que des larves récoltées sur un crapaud au Danemark et conservées probablement dans un laboratoire n'ont donné d'adultes que du 17 avril au 3 mai, on peut admettre qu'en France la ponte de ces mouches dans la nature débute vers la fin de mai. Or, en supposant que la première ponte provenant de la génération hibernante ait lieu vers cette époque, nous aurons des adultes à la fin de juin, une seconde génération vers la fin de juillet et une troisième à la fin d'août qui donnera naissance aux larves hibernantes.

La génération née à la fin d'août pourra pondre jusqu'au milieu du mois d'octobre si sa longévité atteint six semaines comme celle des mouches d'élevage ce qui doit être un minimum, car les conditions rencontrées dans la nature sont toujours meilleures que celles offertes artificiellement.

Cette fréquence saisonnière est comme on le voit parfaitement adaptée à l'éthologie des crapauds vulgaires qui reprennent leur vie terrestre en avril, après l'accouplement et la ponte, et disparaissent vers le milieu du mois d'octobre. La diapause hibernale présente un intérêt tout particulier. En effet, en dépit de la température naturelle parfois élevée que les larves de

---

(1) Les recherches bibliographiques de Seguy (1928, p. 150) et les miennes me permettent de donner la synonymie suivante de cette espèce : *Lucilia sylvarum* Dunker 1891, Mortensen 1892, Kryger 1921, Stadler 1930 *non* Meigen; *Lucilia splendida* Girschner cité par Hesse 1919, *non* Meigen; *Bufolucilia bufonivora* Townsend 1919.

(2) Séance du 26 décembre 1933.

la dernière génération rencontrent en août ([1]), ces larves, qui vivent dans des conditions alimentaires identiques à celles des générations précédentes et qui sont aussi développées qu'elles, restent cependant au stade prénymphal en automne et en hiver.

Or, cette diapause, qui semble être devenue obligatoire à la suite d'une longue adaptation à la biologie du crapaud vulgaire, est en réalité conditionnelle. En effet, si dans la nature l'éclosion des adultes ne s'observe qu'en mai, divers auteurs (Moniez, 1876; Stadler, 1930) ont obtenu des éclosions en hiver dans des laboratoires chauffés et tout récemment M^lle^ G. Cousin (1933) a réussi à rompre la diapause de larves de la dernière génération qui lui avaient été remises par H. Heim de Balzac, en les mettant à l'étuve dans un milieu très humide. J'ai pu confirmer pleinement les observations de G. Cousin et, sur 167 larves soumises à la température de 25° en milieu humide (Exp. 547 XVI), obtenir, du quatrième au dixième jour, 144 pupes ([2]) qui ont donné, du cinquième au dixième jour, 92 adultes dont 66 mâles et 28 femelles; 12 larves sont mortes. Il est probable que parmi les 60 pupes non écloses de cette expérience, devaient se trouver surtout des pupes femelles, vraisemblablement plus délicates aux conditions de l'expérience que celles des mâles, car, sur un nombre aussi grand d'adultes, le nombre des mâles aurait dû dépasser très faiblement celui des femelles ([3]).

---

([1]) La diapause des larves semble se produire normalement en Normandie dans la descendance de la troisième génération active de mouches et si cette dernière génération est précoce la diapause doit l'être également, c'est ce qui semble avoir été le cas cette année où le printemps et l'été présentaient plus d'un mois d'avance. En effet, dès le 9 août, malgré une température naturelle élevée, il m'a été impossible d'obtenir des pupes en partant de larves conservées dans de la terre dans une chambre habitée. Or, à Roscoff, le 28 août 1909, par une température plus basse ne dépassant pas 18°, j'ai obtenu une pupe et, dans un autre cas, des larves mûres récoltées le 10 août se sont transformées en nymphes dès le 14 août et en adultes le 28 août.

([2]) La pupaison ne s'effectue bien que dans un milieu humide comme la terre. Dans la sciure de bois où 100 pour 100 de diverses *Lucilia* et *Calliphora* saprozoïtes se transforment normalement j'ai eu près de 50 pour 100 d'insuccès avec des larves de *L. bufonivora* de générations actives. Les larves de cette espèce sont grégaires et s'enfoncent normalement à 15 ou 20$^{cm}$ dans la terre meuble humide.

([3]) Voici en effet quelques documents concernant le pourcentage des sexes : Hesse (1906, 1908, 1919) obtient 137 mâles et 87 femelles; G. Cousin, 34 mâles et 25 femelles, Brumpt, à Roscoff et à Catz (Normandie), 47 femelles et 24 mâles, soit en additionnant les chiffres fournis par les divers auteurs, 193 mâles pour 173 femelles.

Dans deux autres expériences (656 et 696 XVI) portant sur plus de 150 larves conservées du 15 octobre au 30 novembre dans de la terre humide à la température de 5°C. et placées ensuite à 25°, la pupaison et l'éclosion des adultes se sont effectuées dans les mêmes délais que dans l'expérience précédente, ce qui montre que, dans ce cas tout au moins, l'action prolongée du froid n'a eu aucune influence réactivante sur ces phénomènes.

D'autres expériences seront faites ultérieurement avec plusieurs centaines de larves témoins obtenues soit expérimentalement, soit dans la nature. Ces larves en diapause larvaire depuis le mois d'août se conservent en parfait état depuis cinq mois, dans la terre humide, dans un grenier où la température s'est abaissée plusieurs fois au-dessous de zéro.

La diapause naturelle de *Lucilia bufonivora* et l'éclosion des adultes au printemps constituent des adaptations favorables à la conservation de l'espèce, dont les périodes d'activité correspondent rigoureusement à celles des batraciens dont elles ont besoin pour effectuer leur évolution.

Cette diapause est due en grande partie à la sélection naturelle entraînant la disparition des individus n'ayant pu subir cette adaptation nécessaire dans des conditions climatiques saisonnières déterminées. Cependant, la possibilité de rompre prématurément cette diapause par la seule élévation de la température ou par l'action combinée du froid et de la chaleur, nous montre que dans les pays chauds, le nombre des générations annuelles pourrait être plus grand et que des adaptations nouvelles tendant à réduire la durée de la diapause larvaire hibernale pourraient se produire, si toutefois *Lucila bufonivora* pouvait s'adapter à de nouveaux climats, ce qu'il est impossible de prévoir ou d'établir dans les conditions actuelles de nos connaissances.

CHIMIE MÉDICALE. — *Le rapport calcium-phosphore dans la genèse du rachitisme expérimental et du rachitisme humain.* Note de MM. **G. Mouriquand** et **A. Leulier**, présentée par M. Charles Richet.

On sait que les divers régimes capables de provoquer le rachitisme (Pappenheimer, Randoin et Lecoq, etc.) expérimental sont essentiellement caractérisés par l'élévation du rapport Ca/P dans la ration.

Lorsque ce rapport ne dépasse pas notablement 1 ou 1,25, le rachitisme ne se produit pas (les animaux jeunes étant maintenus à l'obscurité), lorsqu'il s'élève à 2 et au-dessus le rachitisme apparaît.

Une question s'est depuis longtemps posée au clinicien (M. Marfan) : le rachitisme de l'enfant peut-il être comparé à celui du rat ?

C'est surtout le comportement des deux rachitismes en présence de l'ultraviolet ou de ses dérivés qui les rapproche. Leur ressemblance chimique est relative; mais leur pathogénie semble différer profondément.

Alors qu'un régime, dont on connaît tous les éléments, provoque le rachitisme de jeunes rats à l'obscurité; les causes du rachistisme humain apparaissent au clinicien beaucoup plus complexes; les classiques avaient retenu l'influence indéniable des troubles disgestifs prolongés, des infections diverses sabaigues ou chroniques (syphilis en particulier) intoxications diverses. Plus récemment, surtout à la lumière des faits expérimentaux, est apparu le rôle de la carence solaire (Hess, Woringer, etc.) qui d'ailleurs est loin d'être exclusif.

Mais, quand on va au fond du problème, on peut se demander si ces facteurs cliniques sont les facteurs « directs » du rachitisme ou s'ils n'agissent pas souvent en tant que facteurs de révélation d'un déséquilibre nutritif caché.

Dans ces conditions le déséquilibre alimentaire devrait être, en fin de compte, tenu pour le principal responsable du déséquilibre nutritif (minéral) inapparent asymptomatique, que rendent apparent, symptomatique les divers facteurs de révélation signalés.

Cette conception s'appuie sur un fait clinique certain. Un enfant au sein mis en présence de ces différents facteurs rachitigènes ne fait que très rarement du rachitisme comme si chez lui n'existait pas le déséquilibre inapparent nécessaire au développement de cette dystrophie.

Au contraire, la grande majorité des rachitiques se recrute parmi les nourrissons soumis à l'allaitement artificiel. Celui-ci (pas plus que le régime du rat) ne semble à lui seul rachitigène, mais paraît capable de provoquer le déséquilibre sans symptômes que peuvent dans certaines conditions extérioriser les divers facteurs de révélation.

On explique cette différence en opposant la « spécificité » du lait humain pour la nutrition de l'enfant à la « non-spécifité » du lait de vache, mais c'est là une image qui ne pénètre pas dans l'intimité des processus.

On peut invoquer les différences quantitatives et qualitatives portant sur les divers éléments de chacun de ces laits.

Mais en partant des faits expérimentaux, il paraît nécessaire de poser d'abord la question suivante : le rapport Ca/P est-il le même dans le lait humain et dans le lait de vache ?

Le lait de femme renferme $0^g,342$ de chaux par litre et $0^g,468$ de phosphore.

Dans les mêmes conditions, le lait de vache se montre environ 5 fois plus riche puisque la chaux s'élève par litre à $1^g,599$ et le phosphore à 1,974. Déjà *a priori*, ces chiffres indiquent que dans les deux laits les rapports Ca/P doivent être voisins et c'est ce qu'indique le calcul après transformation de CaO en Ca et de $P^2O^5$ en P. On obtient en effet pour le lait de femme un rapport égal à 1,20 et pour le lait de vache un rapport de 1,32. Ce rapport est celui des cendres et ne préjuge pas de l'état physicochimique des combinaisons réalisées dans le lait à l'état naturel par le Ca et le P.

En somme, on peut admettre qu'à des nuances près le rapport Ca/P du lait humain est à peu près égal à celui du lait de vache.

Ce n'est donc pas ce rapport qui peut expliquer la prédisposition au rachitisme déterminée par le lait de vache, et la résistance à cette dystrophie déterminée par le lait humain.

Si l'on envisage d'autre part la question de la quantité absolue de Ca et de Ph on est frappé de ce fait que c'est le lait qui contient le plus de Ca et de Ph qui est le plus rachitigène (lait de vache : Ca, 1,14 pour 100; Ph, 0,862 pour 100; lait de femme : Ca, 0,244 pour 100; Ph, 0,204 pour 100).

L'abondance de Ca peut être une cause d'aggravation du rachitisme expérimental lorsqu'il s'agit de carbonate de Ca (Mouriquand, Leulier, Bernheim, M^lle^ Weill).

Mais l'élévation parallèle du taux de phosphore (qui existe dans le lait) pare à ce danger.

Il faut donc chercher l'explication de la « dystrophie rachitique inapparente » provoquée par le lait de vache (et peuvent extérioriser cliniquement les divers facteurs de révélation envisagés) ailleurs que dans la quantité absolue de Ca et de Ph et surtout ailleurs que dans un rapport Ca/Ph à peu près identique dans le lait de vache et dans le lait de femme.

L'étude comparée du rapport Ca/Ph dans le lait féminin et dans le lait de vache permet ainsi de préciser les éléments du problème qui, d'ailleurs, reste encore posé.

A $15^h40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h15^m$.

É. P.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### Ouvrages reçus pendant les séances du mois de novembre 1933 (*suite et fin*).

*Tuniciers*. Fasc. 1 : *Ascidies*, par Hervé Harant et Paulette Vernières. In *Faune de France*, Tome XXVII. Paris, Paul Lechevalier, 1933; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

*Les serpents de l'Afrique occidentale française*, par F. Angel. Paris, Larose, 1933; 1 vol. 25cm.

*Charles-Louis Frémont, métallurgiste, illustre technicien, bienfaiteur de l'humanité, iconographe parisien, sa vie et son œuvre*, 1855-1930. Bibliographie, biographie, souvenirs, hommages. Commémoration du 4 mai 1933, à Montmartre. Éloges et discours. Rambouillet, imprimerie de P. Leroy; 1 vol. 27cm. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

*La durée de la grossesse et ses anomalies*, par Henri Vignes. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 20cm.

*Les prématurés. Physiologie du prématuré : Étude clinique et thérapeutique*, par H. Vignes et G. Blechmann. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 20cm.

*Étude géologique et géographique de l'archipel de Kerguelen*, par Edgar Aubert de La Rüe. Paris, *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, 1932; 1 vol. 27cm.

*L'Astronomie égyptienne*, par E.-M. Antoniadi. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. 21cm.

*Précis de Zoologie*, par Aug. Lameere, Tome III, fasc. III. *Les Crustacés*. Bruxelles, H. Cauwenberg, 1933; 1 vol. 26cm,5.

*Le segment capable sphérique*, par G. Lecoq. Extrait des *Annales hydrographiques*, 1933. Paris, Imprimerie Nationale; 1 fasc. 24cm. (Présenté par M. Ch. Maurain.)

*Cours de Physique* professé à l'École Polytechnique, par Ch. Fabry, Tome II. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 28cm,5.

*Traité de Chimie minérale*, Tome VIII : *Élément des terres rares, cuivre, argent, or, mercure*, par F. Bourion, A. Conduché, J. Isabey, F. Meyer, L.-J. Olmer, C. Tourneux. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 26cm.

### Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1933.

*Étude des battements électriques. Application à la séismologie et à l'étude des constantes diélectriques. La fréquence des tremblements de terre en Algérie*, par

Mme A. HÉE. Thèses présentées à la Faculté des sciences de l'Université de Strasbourg. Nogent-le-Rotrou, Imprimerie Daupeley-Gouverneur, 1933; 1 vol. $25^{cm},5$.

*Medicion de la base geodesica de Santa Elena* por el Servicio Hidrografico de la Armada. *Informe* que el Sr. ingeniero Geógrafo y consultor Técnico de la Mencionada Institución Dn. LUIS G. TUFIÑO presenta al Ministerio de Guerra y Marina 1933. Quito, Talleres Tipográficos Nacionales; 1 fasc. $25^{cm},5$.

*The Elephant*, par ETSUJIRO SUNAMOTO. Écrit en japonais, avec résumé en anglais, 1931-1932; 2 vol $23^{cm}$.

*Les plantes introduites à Madagascar*, par H. PERRIER DE LA BATHIE. Liste des plantes cultivées, rudérales, messicoles ou naturalisées croissant dans l'île, suivie d'un aperçu sur les plantes autochtones devenues anthropophiles. Extrait de la *Revue de Botanique appliquée et d'Agriculture tropicale*, vol. **12**, 1932. Toulouse, Henri Basuyau et Cie, 1933; 1 fasc. $25^{cm}$.

*Catalogue des plantes de Madagascar*, publié par l'Académie malgache. *Polygalaceæ*, par H. PERRIER DE LA BATHIE. Tananarive, Imprimerie G. Pitot et Cie, et à Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1933; 1 fasc. $25^{cm}$.

*Les Brexicés de Madagascar*, par H. PERRIER DE LA BATHIE. Extrait du *Bulletin de la Société botanique de France*, t. LXXX. Paris, au siège de la Société, 1933; 1 fasc. $24^{cm}$.

*Végétation, sols et cultures de trois îles de la côte nord-ouest de Madagascar*, par H. PERRIER DE LA BATHIE. Extrait de la *Revue de Botanique appliquée et d'Agriculture tropicale*. Paris, laboratoire d'agronomie coloniale au Muséum, 1933; 1 fasc. $24^{cm},5$.

(*A suivre.*)

---

## *ERRATA.*

(Séance du 26 décembre 1933.)

Note de M. *Émile Merlin*, Sur l'existence d'orbites osculatrices restant elliptiques dans le problème des deux corps à masse décroissante :

Page 1724, dernière ligne, *au lieu de* $[(2p+\pi\hat{1})$, *lire* $[(2p+1)\pi$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 15 JANVIER 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Un nouveau deuil vient de frapper l'Académie déjà si cruellement éprouvée. Notre Confrère **Paul Villard**, doyen d'élection de la Section de Physique, est mort à Bayonne le samedi 13 janvier, après une douloureuse maladie.

La vie de Paul Villard fut presque tout entière consacrée à la Science et à la recherche désintéressée. Il était né à Lyon le 28 septembre 1860; il entra à l'École Normale en 1881, et à sa sortie de l'École, en 1884, agrégé des sciences physiques, il était devenu professeur dans l'enseignement secondaire, d'abord en province, puis très rapidement à Paris. Mais son goût pour la recherche scientifique le conduisit, dès qu'il fut à Paris, à demander à Debray, l'autorisation de travailler au laboratoire de chimie de l'École Normale, et dès 1888 il publia dans les *Comptes rendus* ses premières Notes sur les hydrates d'hydrogène sulfuré, de chlorure de méthyle, de méthane et d'éthylène. Il ne tarda pas à s'apercevoir des difficultés qu'il y a à poursuivre simultanément des recherches scientifiques et la tâche très considérable qui incombe aux professeurs de l'enseignement secondaire, et ses ressources personnelles lui permettant d'assurer son existence, il demanda un congé et ne sollicita plus jamais des fonctions ni dans l'enseignement secondaire ni dans l'enseignement supérieur, consacrant ainsi tout son temps à la recherche.

Il resta toute sa vie à ce laboratoire de chimie de l'École Normale qui,

après la mort de Debray, fut successivement dirigé par Joly, par Gernez et par M. Lespieau. Celui-ci, en 1904, put lui donner une salle entièrement indépendante au premier étage, qui resta jusqu'à maintenant son laboratoire particulier. Pendant les dernières années de sa vie, sa santé l'obligeait à passer les hivers loin de Paris, et ses services dans l'enseignement étaient trop courts pour pouvoir lui assurer le bénéfice d'une retraite; il accepta alors, très récemment, la pension d'honneur que lui décerna la Caisse nationale des Sciences, en témoignage de reconnaissance publique pour sa belle œuvre scientifique. Cette rare distinction était particulièrement bien méritée.

Comme je l'ai dit, il consacra ses premières recherches à la chimie; il devait y revenir à la fin de sa carrière, notamment en 1930, par son travail si curieux relatif à l'action de l'hydrogène sur la soude libérant dans certaines conditions des quantités appréciables de sodium, mais la plus grande partie de son œuvre scientifique fut orientée vers la physique et ses belles recherches sur les rayonnements cathodiques et les autres rayonnements qui s'y rattachent ont consacré sa grande réputation scientifique. Ses travaux lui avaient valu deux des plus importantes distinctions dont dispose l'Académie, le prix Wilde et le prix La Caze. Il était élu, le 23 novembre 1908, Membre de la Section de Physique générale, où il succédait à Mascart.

Dans ses recherches physiques, Paul Villard, par nécessité autant que par goût, construisait lui-même tous ses appareils, et prépara lui-même ses expériences dans leurs plus infimes détails. Ainsi, non seulement il acquit une habileté manuelle prodigieuse, mais il apprit à voir dans chaque question le côté technique trop souvent négligé des savants. Il fut ainsi conduit, en même temps qu'il faisait des découvertes importantes sur les rayons X, à construire des instruments pratiques utilisables par les radiographes et leur rendant des services quotidiens. Il inventa également aussi des dispositions utilisables pour la télégraphie sans fil comme corollaire à ses travaux sur la production des rayons X.

Il ne m'est pas possible d'énumérer ici toutes les contributions qu'il apporta aux nombreuses questions difficiles qui se rattachent au passage de l'électricité dans les gaz, et aux nombreuses espèces de rayons successivement découvertes. Il montra, par des expériences saisissantes, les relations intimes de ces rayonnements réalisés au laboratoire avec les rayonnements naturels qui produisent l'aurore boréale. Il ouvrit ainsi la voie à des recherches sur les rayonnements cosmiques dont l'importance apparaît

chaque jour davantage, mais celle de ses découvertes dont la répercussion sur les progrès de la physique moderne a été la plus considérable est la découverte des rayonnements $\gamma$ du radium, rayons très pénétrants non déviables, et qui sont comparables aux rayons X.

Par suite des circonstances, et par suite aussi de son caractère, Paul Villard travailla presque toujours isolément. Il était peu communicatif et ne se livrait pas facilement, mais ceux qui avaient le privilège de le connaître appréciaient hautement la franchise et la netteté de ses paroles, la loyauté de son caractère. Sa disparition prématurée est une grande perte pour l'Académie et pour la Science.

Nous avons appris tout à l'heure une nouvelle perte qui sera douloureusement ressentie : le décès, survenu ce matin, après une brève maladie, de notre confrère **Paul Vieille**, doyen de la Section de Mécanique. Il était né à Paris le 2 septembre 1854, était entré en 1873 à l'École Polytechnique, en était sorti dans le Corps des Poudres et Salpêtres et avait fait tout son service au Laboratoire central des poudres; il devint inspecteur général le 8 juillet 1904 et termina sa carrière comme inspecteur général de première classe du cadre de réserve. Il fut attaché à l'École Polytechnique comme examinateur des élèves le 1er mai 1904 et cessa ces fonctions, sur sa demande, le 8 novembre 1913.

Il avait été élu Membre de la Section de Mécanique le 21 novembre 1904, en remplacement d'Émile Sarrau.

Dès ses débuts, comme ingénieur des Poudres et Salpêtres, Paul Vieille avait été affecté au Service des Études à Paris dont Émile Sarrau était Directeur. Il commença à partir de 1876 l'étude de la combustion des matières explosives. Il créa la méthode et l'instrument fondamental, le manomètre à écrasement, qui permet la mesure du développement des pressions par l'enregistrement du mouvement d'un piston soumis à une résistance antagoniste de loi connue. Cet appareil demeure encore aujourd'hui le seul instrument de laboratoire qui permette d'aborder ces études.

L'établissement de cet appareil avait nécessité l'étude préalable de la loi de déformation des cylindres métalliques dits crushers. Il a donné de ces déformations une théorie classique (1882).

Ces méthodes lui ont permis d'étudier d'une manière générale le mode de combustion des explosifs balistiques et d'établir les lois de cette combustion. Il a pu énoncer dans quel cas la combustion se propageait par couches

parallèles, ce qui entraînait la progressivité des poudres dans les armes. Ces travaux l'ont conduit d'une manière systématique à la découverte des poudres colloïdales au coton-poudre, qui constituent aujourd'hui dans le monde entier la base de l'armement (1884).

En même temps, Paul Vieille étudiait, en collaboration avec Marcelin Berthelot, les principes fondamentaux de la théorie thermodynamique et mécanique des explosifs. Il a pu montrer qu'il existe un mode de décomposition des explosifs dans lequel, contrairement au mécanisme de la décomposition dans les bouches à feu, la rapidité de la réaction devient assez grande pour que les produits de la décomposition cessent de pouvoir se mettre en équilibre de pression avec le milieu. Il en résulte un régime régulier de propagation à grande vitesse de la réaction excitée en un seul point.

C'est le régime de l'onde explosive.

La vitesse de la combustion dans le canon, qui varie d'ailleurs avec la pression, est de l'ordre du mètre par seconde, alors que la vitesse constante de l'onde explosive est plusieurs milliers de fois plus grande (1882-1894). Ces études ont été étendues à la propagation des discontinuités dans les milieux gazeux (1899).

A partir de 1900 l'activité de Vieille a été consacrée d'une part à l'étude de la stabilité et de la conservation des poudres B : méthode de surveillance par l'épreuve à 110°, dite épreuve Vieille; étude de la stabilité balistique; étude de la stabilisation des cotons-poudres. D'autre part, pour le Conseil d'Hygiène de la Seine, il étudia les propriétés explosives de l'acétylène comprimé ou dissous.

Enfin pendant toute la guerre, Vieille a assuré la direction du Service des études et expériences sur les poudres et explosifs et la Direction générale des établissements classés travaillant pour la Défense nationale.

On voit, par ce trop rapide résumé, quelle a été l'importance de ses découvertes scientifiques et des services qu'il a rendus à la Patrie.

Avant de l'accueillir dans son sein, l'Académie des Sciences lui avait décerné en 1887 le prix Montyon de Mécanique et en 1889 le prix Le Conte, la plus haute récompense dont elle disposait. Il a appartenu à notre Compagnie pendant près de trente ans et, pendant cette longue période, il vit presque tous nos fauteuils changer de titulaire, beaucoup même plus d'une fois; il ne cessa pas d'être aimé et respecté de tous. J'adresse à tous les siens nos condoléances émues.

J'ai la douleur de vous annoncer encore un décès : celui de notre Correspondant **Jean Cantacuzène**, né à Bucarest le 25 novembre 1863, qui avait été élu le 14 mars 1932, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie et qui est mort à Bucarest hier, 14 janvier. Cantacuzène partageait sa vie entre sa patrie, la Roumanie, et la France, qui était en quelque manière pour lui une patrie d'adoption; il avait fait de longs séjours à l'Institut Pasteur et dans nos laboratoires et était personnellement connu de beaucoup d'entre nous; on ne pouvait le connaître sans l'aimer et l'admirer. Il fut, pendant la guerre, l'actif collaborateur de la mission médicale française et du général Berthelot. Il enseigna longtemps à l'Université de Bucarest et fut Ministre de la Santé publique dans le Ministère Jorga.

Il avait participé aux entretiens sur l'avenir de l'esprit européen qui ont eu lieu à Paris en octobre dernier, sous la présidence de notre confrère de l'Académie française Paul Valéry et tous les auditeurs avaient admiré l'élévation de sa pensée, la largeur et la générosité de ses vues. Il fut, pendant sa vie entière, l'un des meilleurs artisans des relations intellectuelles entre son pays et le nôtre. J'adresse, au nom de l'Académie, toutes nos condoléances à sa famille, à ses compatriotes, à ses amis.

Je lève la séance en signe de deuil.

*Notice nécrologique sur* Jean Cantacuzène, par M. **Ch. Richet**.

Notre Correspondant M. **Cantacuzène** vient de mourir après une assez longue maladie.

Professeur à la Faculté de médecine de Bucarest, il a souvent travaillé à l'Institut Pasteur de Paris. Savant médecin, il était un des maîtres incontestés de la pathologie expérimentale.

1° Il a étudié l'infection cholérique, et il a pu montrer, probablement le premier, qu'on peut immuniser un cobaye contre le choléra en introduisant l'antigène par voie gastro-intestinale.

2° Il a observé la spirochétose des oiseaux, et il a pu trouver un spirochète vivant dans les eaux de Dax à une température de 56°.

3° Le premier il a pu obtenir l'infection des singes par le virus filtrant de la scarlatine.

Sur le lapin, on obtient aussi l'infection scarlatineuse, ce qui permet une étude approfondie de cette maladie jusqu'ici restée obscure. Le soi-disant

streptocoque, auquel on avait attribué la puissance virulente de la scarlatine, n'agit que s'il est associé à un virus inconnu, filtrant.

4° L'immunité a été observée par lui sur les invertébrés, ce qui n'avait été guère fait jusqu'à présent.

C'est surtout sur les Sipuncles qu'il a fait ces recherches et il a établi une relation d'une part entre l'immunité et l'existence des urnes et des vésicules énigmatiques que l'on trouve chez les Sipuncles et d'autre part avec les phénomènes de cytolyse.

Toutes ces études exigent non seulement un long labeur, mais une grande sagacité.

Plus récemment, Cantacuzène a pris en main, avec un juvénile enthousiasme, la défense du bacille antituberculeux de Calmette (vaccination par le B. C. G.). Grâce à lui, plusieurs milliers de vaccinations préventives ont été faites et les résultats ont été excellents. La mortalité des enfants vaccinés a été bien moindre que celle des non vaccinés.

La mort de notre éminent Confrère, grand ami de notre pays et appartenant à une des plus nobles familles de la Roumanie, sera douloureusement ressentie par tous ceux qui s'intéressent à la pathologie expérimentale, si utile à la vie des hommes, science dont Cantacuzène a été un des plus brillants promoteurs.

*Observation sur une Note récente de M.* ADAMOFF [1], par M. **HADAMARD**.

Après la parution de la Note dont il s'agit, l'auteur s'est aperçu qu'il avait été devancé. En particulier, les théorèmes 3 et 4 ont été publiés en 1919 par M. Haupt. Voir à cet égard l'Ouvrage récent de M. STRUTT : *Lamesche, Mathieusche und verwandte Funktionen in Physik und Technik*, Berlin, Springer, 1932 (spécialement Chapitre II).

THERMODYNAMIQUE. — *Points indifférents et points critiques.* Note [2] de M. **E. JOUGUET**.

1. Nous nous référons aux définitions et aux notations d'une Note antérieure [3] pour étudier un mélange formé de $n$ constituants indépendants

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1280.
(2) Séance du 3 janvier 1934.
(3) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1705.

et comprenant soit une phase (système S), soit deux phases entre lesquelles se font des passages de constituants (système $S_{II}$).

2. *Stabilité*. — Pour exprimer qu'un état de S est stable quand le système est en contact avec une source à température $\Theta$ est soumis à une pression extérieure constante $\Pi$, on écrira que $E = \varepsilon - \Theta\eta + \Pi v$ est minimum. En raisonnant comme Duhem (*Mécanique chimique*, 3, p. 9-10), on est conduit à écrire que la différentielle seconde de E (et par suite celle de $\varepsilon$) est positive sauf lorsque

$$\frac{\partial m_1}{m_1} = \ldots = \frac{\partial m_n}{m_n} = \frac{\partial v}{v} = \frac{\partial \eta}{\eta}.$$

Soit $\Delta$ le discriminant de la différentielle seconde de $\varepsilon$. Il est nul par les propriétés d'homogénéité de $\varepsilon$. Mais, s'il y a stabilité, on est assuré que tous les mineurs symétriques déduits de $\Delta$ sont positifs, quel que soit leur ordre. Désignons par $\Delta_{ij}^{kl}$ le mineur dérivant de $\Delta$ par la suppression des lignes $i$, $j$ et des colonnes $k$, $l$. L'inverse du coefficient angulaire de $R_2$ est

$$\left(\frac{d\nu_2}{dr_2}\right)_{\nu_3,\ldots,\nu_{n+2}} = N_1 \frac{\Delta_1^1}{\Delta_{12}^{12}}.$$

Si l'on admet que seuls sont observables les états stables, les points A et B de notre précédente Note doivent se trouver sur des arcs montant de gauche à droite. Entre ces points, il en existe forcément d'autres où l'inclinaison est inverse; ces derniers correspondent à des états non observables de S et à des circonstances où le mélange se partage en deux phases ($S_{II}$).

3. *Points critiques*. — On obtient un point critique quand les deux points A et B coïncident, l'arc de courbe intermédiaire se réduisant à zéro. La courbe $R_2$ a alors un point d'inflexion et

$$(1) \qquad \left(\frac{d\nu_2}{dr_2}\right)_{\nu_3,\ldots,\nu_{n+2}} = 0, \qquad \left(\frac{d^2\nu_2}{dr_2^2}\right)_{\nu_3,\ldots,\nu_{n+2}} = 0.$$

Mais $N_1$ et $N_2$ sont deux quelconques des $n+2$ quantités, $m_1, \ldots, m_n$, $v$, $\eta$. Il y a donc à écrire $(n+1)(n+2)$ groupes d'équations du type (1). Gibbs a indiqué, en vertu d'une propriété physique démontrée *a priori*, que tous ces groupes se ramenaient à (1). On peut d'ailleurs le vérifier par des raisonnements purement mathématiques fondés sur l'homogénéité de $\varepsilon$. Les points critiques sont donc définis par deux équations seulement et, dans S de variance $n+1$, forment une multiplicité d'ordre $n-1$.

4. *Représentation de* $S_{II}$. — Dans l'espace $\nu_3$, $\nu_2$, $r_2$ (avec $\nu_4, \ldots, \nu_{n+2}$ constants), les points A et B dessinent une ligne Γ qui passe par un point critique C. Le point C partage Γ en deux arcs, $\Gamma_a$ lieu de A et $\Gamma_b$ lieu de B. Il résulte de la définition de A, B, C que, sauf singularités analytiques que nous supposerons ne pas exister, la ligne Γ admet en C une tangente parallèle à $Or_2$. Il existe une ligne Γ et un point C pour tout groupe de valeurs de $\nu_4, \ldots, \nu_{n+2}$. Les lignes Γ sont une représentation de $S_{II}$.

Cette représentation se laisse facilement transformer en une autre où, laissant $\nu_5, \ldots, \nu_{n+2}$ constants, on exprime $r_2$ en $\nu_3$ et $\nu_4$ (et particulièrement la concentration $m_2/m_1$ en $p$ et $t$). On a ainsi des surfaces, généralisation de la surface limite définie par Duhem pour $n = 2$.

5. *Points indifférents.* — Le système $S_{II}$ présente en général des points indifférents où les deux phases sont équititres. Ces points, on le sait, forment une multiplicité d'ordre 1. Il suit de là que ce sont des points discrets de certaines courbes Γ seulement. Il suit aussi de là que, si l'on veut un système fermé passant par un point indifférent, il faut, quand $n > 2$, un choix spécial des masses $m_i$, et cette circonstance rend difficile l'observation des points indifférents pour $n > 2$. Mais une fois ce choix fait, l'indifférence se manifeste toujours comme suit : sur le plan $p$, $v$ l'isotherme du système fermé présente, pour la température du point indifférent, un palier NTVP horizontal (*fig.* 3 de notre Note antérieure) (expériences de Caubet dans le cas de $n = 2$).

Ce n'est que pour $n = 2$ que la multiplicité des points indifférents est de même ordre (égal à 1) que celle des points critiques. D'ailleurs, même pour $n = 2$, ces deux multiplicités sont généralement indépendantes car si, aux points indifférents, les deux phases sont équititres comme aux points critiques, elles restent des états distincts de S, avec, sous une même pression et une même température, des $m_2/m_1, \ldots, m_n/m_1$ égaux, mais avec des $v/m_1$, $\eta/m_1$ différents.

Dans certains systèmes, les mélanges doubles liquides par exemple, l'identité de composition sous une pression et une température données entraîne l'identité totale des phases. Pour ces systèmes tous les états où les deux phases sont équititres sont critiques; il n'y a pas de points indifférents et la fonction $\zeta(m_1, \ldots, m_n, p, t)$ de S est uniforme.

6. *Propriété d'aire nulle.* — Faisons $N_1 = m_1$ $N_2 = m_2$. Prenons un groupe de valeurs de $\nu_3$, $\nu_4$, ..., $\nu_{n+2}$ correspondant à un point indifférent (on peut choisir arbitrairement un de ces $\nu$). On définit ainsi une courbe $R_2$ qui passe par ce point et qui a un point double I (*fig.* 1). Par le théorème

donné à l'article 3 de notre précédente Note, la boucle IEFI a une aire nulle. C'est la généralisation d'une remarque faite par Duhem pour $n = 2$.

7. *Conséquences.* — Laissant $\nu_4, \ldots, \nu_{n+2}$ constants, considérons les courbes $R_2$ correspondant à $\nu_3 + \Delta\nu_3$ et à $\nu_3 - \Delta\nu_3$. Pour l'une, $\nu_3 + \Delta\nu_3$ par exemple, l'aire de la boucle I′E′F′I′ est positive; pour l'autre, elle est négative. Pour la première, on peut trouver deux couples de points A, B (A, B et A′, B′), donc deux états de $S_{II}$. Pour la seconde, il n'y en a pas et $S_{II}$ ne peut exister. Si donc on envisage tous les états de S qui peuvent

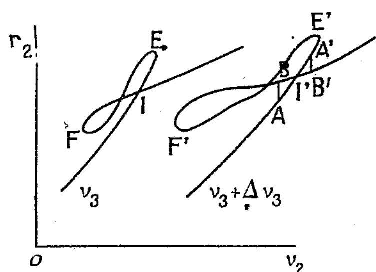


Fig. 1.

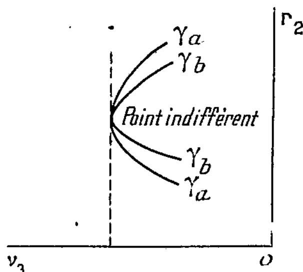


Fig. 2.

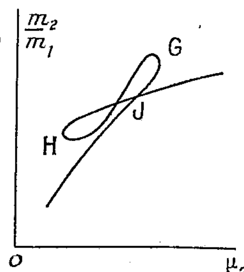


Fig. 3.

être des phases de $S_{II}$, et pour lesquels $\nu_4, \ldots, \nu_{n+2}$ ont des valeurs données, ceux qui correspondent à un point indifférent ont un $\nu_3$ maximum ou minimum.

Dans les cas particuliers où $\nu_3$ coïncide avec $-p$ ou $t$, cette propriété est comprise dans le théorème de Gibbs et Konowalow. Elle est nouvelle, à ma connaissance, si $\nu_3$ est un potentiel chimique. Il est d'ailleurs facile de démontrer directement que, dans les conditions dites, $d\nu_3$ est nul pour les points indifférents.

Aux valeurs envisagées de $\nu_4, \ldots, \nu_{n+2}$, correspond une courbe $\Gamma$, dont les deux arcs $\Gamma_a$ et $\Gamma_b$ passent tous deux par le point indifférent. Il résulte d'ailleurs de la propriété précédente que, sauf singularités analytiques que nous supposerons ne pas exister, ces deux arcs sont tangents au plan $\nu_3 =$ const. Les arcs $\gamma_a$ et $\gamma_b$, projections de $\Gamma_a$ et $\Gamma_b$ sur le plan $\nu_3 r_2$, affectent au voisinage du point indifférent la forme de la figure 2.

8. *Nouvelle propriété d'aire nulle.* — La remarque de Duhem rappelée à l'article 5 peut se généraliser autrement. Au lieu d'envisager la courbe $R_2$ de la figure 1, donnant la relation entre $m_2/m_1$ et $\mu_2$ à $p, t, \mu_3, \ldots, \mu_n$ constants, représentons la relation entre $m_2/m_1$ et $\mu_2$ à $p, t, m_3/m_1, \ldots, m_n/m_1$ constants (ou, ce qui revient au même, à $p, t, m_1, m_3, \ldots, m_n$ constants). La courbe obtenue a un point double J (*fig.* 3) qui correspond au point

indifférent. Par un des théorèmes de l'article 7 de ma Note antérieure relatifs aux systèmes partiellement fermés, l'aire de la boucle JGHJ est nulle.

Un raisonnement analogue à celui de l'article précédent permet alors de prouver que, parmi tous les états de S qui peuvent être des phases de $S_{II}$ et qui ont des $m_3/m_1, \ldots, m_n/m_1, p, t$ donnés, ceux qui correspondent à un point indifférent ont un $m_3/m_1$ maximum ou minimum. Il est d'ailleurs facile de démontrer que, dans les conditions spécifiées, $d(m_3/m_1)$ est nul pour les points indifférents.

TOXICOLOGIE. — *Les effets de l'hyposulfite de soude sur l'intoxication par le cyanure de potassium.* Note de MM. **Ch. Achard** et **Léon Binet.**

L'intoxication par le cyanure de potassium a été l'objet de recherches récentes qui ont conduit des auteurs à reprendre l'étude, déjà envisagée avec détails par Lang, J. F. Heymans et P. Masoin, des agents capables de neutraliser ce toxique. Nous avons eu l'occasion, avec la précieuse collaboration de notre élève regretté, Albert Arnaudet, de poursuivre sur le poisson, tant sur la Carpe entière que sur la tête isolée de Gobie, des essais que nous allons résumer.

A. Le Poisson entier. — Ces recherches furent effectuées sur de petites carpes d'étang (*Cyprinus carpio* L.).

1. *Atténuation de la toxicité du cyanure de potassium par l'adjonction d'hyposulfite de soude.* — Dans une première série d'expériences, chacun des poissons était placé dans un récipient renfermant $10^{cm^3}$ d'une solution de cyanure de potassium à 1/1000$^e$ ou mieux $100^{cm^3}$ d'une solution à 0,1/1000$^e$, additionnés de $100^{cm^3}$ d'une solution d'hyposulfite de soude à 10/1000$^e$ et complétés jusqu'à $500^{cm^3}$ avec de l'eau de rivière.

*Premier essai.* — Les poissons témoins, placés dans une solution de cyanure de potassium sans hyposulfite de soude, sont morts le lendemain matin; des cinq poissons en contact avec l'hyposulfite de soude, deux seulement sont morts le lendemain; deux autres meurent le surlendemain; le cinquième survit.

*Deuxième essai.* — Les témoins sont morts le lendemain matin. Des quatre poissons en contact avec l'hyposulfite, un seulement est mort le lendemain matin; un deuxième meurt le surlendemain à $14^h$; les deux derniers survivent.

*Troisième essai.* — Les deux témoins sont morts le lendemain matin, les deux poissons en contact avec l'hyposulfite meurent seulement le surlendemain à $14^h$.

*Quatrième essai.* — Les deux témoins sont morts le lendemain matin; des deux poissons en contact avec l'hyposulfite, l'un est mort le lendemain à $14^h$, l'autre le surlendemain à $8^h$.

Par conséquent l'adjonction d'hyposulfite de soude au cyanure de potassium retarde ou même empêche la mort de l'animal.

2. *Action préventive de l'hyposulfite de soude dans l'intoxication par le cyanure de potassium.* — Dans cette seconde série d'expériences, on place pendant 24 à 48 heures un certain nombre de poissons dans des récipients renfermant chacun $400^{cm^3}$ d'eau de rivière, additionnés de $100^{cm^3}$ d'une solution d'hyposulfite de soude à 10 pour 1000. Puis, après les avoir bien lavés, on les place dans le liquide toxique ($10^{cm^3}$ d'une solution de cyanure de potassium à 1 pour 1000 ou mieux $100^{cm^3}$ d'une solution à 0,1 pour 1000; complétés à $500^{cm^3}$ avec de l'eau de rivière).

*Premier essai.* — Les poissons témoins (poissons neufs, placés directement dans le liquide toxique) sont morts le lendemain matin. Des quatre poissons préparés, deux sont morts le surlendemain matin à $8^h$; un troisième le même jour à $14^h$; le quatrième survit.

*Deuxième essai.* — Les témoins sont morts le lendemain matin à $8^h$. Des cinq poissons préparés, l'un est mort le lendemain matin à $8^h$; un autre le surlendemain matin à $8^h$, deux autres le surlendemain à $14^h$; le cinquième survit.

*Troisième essai.* — Les deux témoins sont morts le lendemain, l'un à $8^h$, le deuxième à $11^h$. Des quatre poissons préparés, deux sont morts le surlendemain à $8^h$; un troisième, le même jour, à $14^h$; le dernier, le troisième jour, à $8^h$.

*Quatrième essai.* — Les deux témoins sont morts le lendemain, l'un à $8^h$, l'autre à $13^h$. Des cinq poissons préparés, l'un est mort le lendemain à $13^h$; deux autres, le troisième jour, à $14^h$ et les deux derniers survivent.

*Cinquième essai.* — Les témoins sont morts le lendemain à $8^h$. Des quatre poissons préparés, l'un est mort le surlendemain à $11^h$, les autres survivent.

*Conclusion.* — L'hyposulfite de soude est un antidote préventif de l'intoxication par le cyanure de potassium chez le poisson.

3. *Action curative de l'hyposulfite de soude dans l'intoxication par le cyanure de potassium.* — Dans cette troisième série d'expériences, on met un

certain nombre de carpes dans une solution de cyanure de potassium à 0,1 pour 1000 jusqu'à l'arrêt des mouvements respiratoires; puis on les place, les unes dans de l'eau de rivière, les autres dans de l'eau de rivière additionnée d'hyposulfite de soude (100$^{cm^3}$ d'une solution d'hyposulfite à 10 pour 1000 complétés à 500$^{cm^3}$ avec de l'eau de rivière).

*Premier essai.* — Les trois témoins meurent dans la soirée; des trois poissons traités par l'hyposulfite, deux meurent dans la soirée; le troisième ne tarde pas à respirer de nouveau et survit.

*Deuxième essai.* — Les deux témoins meurent dans la soirée; des quatre poissons traités par l'hyposulfite, deux meurent le surlendemain; les deux autres survivent.

*Troisième essai.* — Les deux témoins meurent dans la soirée; des quatre poissons traités par l'hyposulfite, l'un est mort le lendemain, deux autres sont morts le surlendemain, le dernier survit.

*Conclusion.* — L'hyposulfite de soude agit donc curativement sur l'intoxication par le cyanure de potassium chez le poisson.

B. La tête isolée du poisson. — Il était intéressant d'utiliser une préparation de tête de poisson (*Gobius lota*), isolée et perfusée suivant la technique de H. Cardot et L. Binet, pour étudier l'action du cyanure de potassium sur le centre respiratoire et les effets de l'hyposulfite de soude sur cette intoxication.

Les faits suivants furent enregistrés :

1° on utilise la solution suivante : NaCl, 8$^g$,2; KCl, 0$^g$,36; $MgCl^2$, 0$^g$,08; $NaHCO^3$, 0$^g$,27; $NaH^2Po^4$, 0$^g$,04; glucose, 0$^g$,59; urée, 4$^g$,58; eau distillée, 1$^l$. La solution ne contient pas ici de sels de calcium, afin d'éviter des précipitations dans les essais ultérieurs. Cette solution assure une survie de la tête de 27 minutes;

2° additionnée d'hyposulfite de soude (1$^g$ pour 1000), cette solution entretient les mouvements respiratoires durant 48 minutes;

3° additionnée de cyanure de potassium (0$^g$,30 pour 1000), la solution amène un arrêt de la respiration au bout de 2 minutes;

4° additionnée à la fois d'hyposulfite de soude (1$^g$) et de cyanure de potassium (0$^g$,30), la solution est capable d'entretenir la vie durant 32 minutes;

5° après un arrêt respiratoire obtenu par le passage d'une solution cyanurée (arrêt obtenu après 2 minutes), on n'a pas eu de reprise par un passage de la solution hyposulfitée.

M. **H. Jumelle** fait hommage à l'Académie d'un fascicule du *Catalogue des Plantes de Madagascar*, publié par l'Académie Malgache : *Palmae* (*juillet* 1933).

## CORRESPONDANCE.

M. **E. Mathias** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil*.

MM. **Le Dentu**, **Nguyen Van Khai** adressent des remercîments pour la distinction qui a été accordée à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Tableau du* XX<sup></sup>ᵉ *siècle. Les Sciences mathématiques*, par Pierre Sergescu. (Présenté par M. Émile Borel.)

2° Ed. Benhamou. *L'exploration fonctionnelle de la rate. Diagnostic et traitement des syndromes spléniques*. (Présenté par M. F. Mesnil.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur la surface dont le bord est donné*. Note de M. **J. Favard**, présentée par M. Hadamard.

Certaines considérations de mesure m'ayant conduit à essayer dedéfinir l'ensemble de points qui mérite d'être appelé surface passant par une courbe donnée, je me permets d'exposer ici les définitions que j'ai employées et les résultats auxquels je suis parvenu.

*Ensembles enlaçables*. — Soient E un ensemble borné formé de l'espace euclidien $R_3$ à trois dimensions et C une courbe fermée de Jordan sans point commun avec E; on dit que cette courbe est libre par rapport à E si, par une déformation continue on peut, sans rencontrer E, la réduire à un point non situé sur E; dans le cas contraire elle est dite enlacée avec E [1]. Un

[1] Cette notion d'enlacement, due à MM. Mazurkiewicz et Straszewicz (*Fund. math.*, 9, 1927, p. 205), est voisine de celle donnée par M. Lebesgue (*Comptes rendus*, 152, 1911, p. 841).

ensemble E est dit enlaçable si l'on peut trouver une courbe C enlacée avec lui.

Soient C une courbe et E un ensemble enlacé avec elle, on démontre facilement qu'il existe du moins un ensemble fermé $I_c$, contenu dans E et irréductible. Un ensemble $I_c$ est parfait, n'a pas de points intérieurs et, s'il peut se décomposer en la somme de deux ensembles fermés disjoints, ceux-ci sont enlaçables; il peut arriver d'ailleurs que $I_c$ soit partout discontinu mais alors il présente au moins la complexité de l'ensemble défini par M. Antoine (¹). Un ensemble enlaçable irréductible (c'est-à-dire dont on ne peut enlever aucune partie sans que toute courbe devienne libre par rapport à l'ensemble restant) est un continu comparable à la courbe fermée de Schœnflies.

*Surfaces.* — Soient E un ensemble enlacé avec une courbe C, C′ une courbe que l'on peut déduire de C, sans rencontrer E, par une déformation continue (le degré de la correspondance entre C et la nouvelle courbe pouvant être quelconque); un ensemble fermé sera dit $K(E_c)$ : 1° s'il contient E; 2° s'il a au moins un point commun avec toute courbe C′ (exemple : un cube suffisamment grand). Un ensemble $K(E_c)$ contient toujours un ensemble irréductible $S(E_c)$ relativement aux propriétés 1° et 2°. On peut décomposer un $S(E_c)$ en deux ensembles fermés sans points communs dont l'un est étranger à E; l'ensemble $S(E_c) - E$ n'a aucun point intérieur et l'ensemble de ses points de dimension 2 est dense sur lui.

Lorsque E est un $I_c$, alors l'ensemble $S(I_c) - I_c$ admet tous les points de $I_c$ comme points d'accumulation et l'on peut considérer $S(I_c)$ comme une surface ayant $I_c$ comme bord; si $I_c$ est un continu, $S(I_c)$ est également un continu.

Tout $S(E_c)$ contient, au voisinage de tout point de $S(E_c) - E$, un sous-ensemble de diamètre aussi petit que l'on veut et qui est un S relativement à une courbe $c'$.

Soient J une surface fermée de Jordan, munie d'un nombre fini de triangles, $J_1$ un domaine fermé de J dont le complémentaire est un ensemble ouvert, non vide, entièrement compris dans un des triangles qui forment J, dont la frontière coïncide avec celle de $J_1$. Toute image topologique de $J_1$ est un S relativement à l'image de la frontière de $J_1$ et à une courbe enlaçable avec cet ensemble. Lorsque $J_1$ est lui-même homéomorphe à un triangle, cette surface est aussi une feuille irréductible.

(¹) L. Antoine, *Journal de Math.*, 4, 1921, p. 311.

J'appelle *feuille* un ensemble $k(E_c)$ qui, pour tout ensemble $\Gamma$ situé sur lui est enlaçable avec une courbe $c'$, contient un $k(\Gamma_{c'})$. Toute feuille $k(E_c)$ contient une feuille irréductible $F(E_c)$, et l'on peut répéter pour ces derniers ensembles ce qui vient d'être dit relativement aux $S(E_c)$.

Outre certains résultats simples relatifs aux sommes de feuilles, on a le résultat suivant : un ensemble fermé, dont les domaines complémentaires sont simplement connexes, est une feuille en ce sens que, par tout ensemble enlaçable situé sur lui, passe au moins une feuille relativement à toute courbe enlacée avec cet ensemble. S'il n'y a que deux domaines, tout F irréductible est aussi un S.

TOPOLOGIE. — *Sur les propriétés locales des ensembles fermés.* Note (1) de M. **Paul Alexandroff**, présentée par M. Hadamard.

1. Le but de la présente Note est d'étudier l'ensemble des propriétés locales des continus telles que ramification, accessibilité, enlacement local, etc., dans leurs rapports mutuels. Nous ne donnons ici que les premiers résultats d'une théorie se rapportant aux ensembles de dimension quelconque. Notre point de départ est différent de celui d'Urysohn et de M. Menger : les méthodes développées par ces auteurs se prêtent difficilement à la généralisation au cas de plus d'une dimension. D'autre part, même dans le cas de lignes, l'application des méthodes empruntées à l'*Analysis situs* classique donne des renseignements nouveaux sur l'allure locale de la figure, qui ne peuvent pas être obtenus, à ce qu'il semble, par des méthodes exclusivement basées sur la théorie des ensembles.

2. La notion sur laquelle l'étude ci-dessous est basée est la notion due à M. Lefschetz, de *cycle relatif* (2). Soit donc F un ensemble fermé quelconque situé dans l'espace euclidien $R^n$ à $n$ dimensions; $\varepsilon$ étant un nombre positif quelconque, désignons par $U(a, \varepsilon)$ le voisinage de $a$ formé de tous les points de R distants du point $a$ de moins de $\varepsilon$. Cela posé, désignons par $p_{\varepsilon,\delta}$ le nombre maximal de cyles $r$-dimensionnels de $F.\overline{U(a,\varepsilon)}$ mod$[F - U(a, \varepsilon)]$ (au sens de M. Lefschetz) indépendants par rapport aux homologies mod$[F - U(a, \delta)]$, $\delta < \varepsilon$ étant un nombre positif. Quand $\varepsilon$ diminue, $p_{\varepsilon,\delta}$ ne peut augmenter de façon que la limite $p_\varepsilon = \lim\limits_{\varepsilon \to 0} p_{\varepsilon,\delta}$ existe

(1) Séance du 3 janvier 1934.

(2) Lefschetz, *Annals of Math.*, 2e série, 29, 1928, p. 232-254.

Quand $\varepsilon$ diminue, $p_\varepsilon$ ne peut qu'augmenter et la limite (finie ou infinie) $\lim p_\varepsilon$ sera désignée par $p^r(a, F)$ ou *nombre de Betti r-dimensionnel de* F *autour du point a* (¹).

Soit maintenant $q_{\delta,\varepsilon}$ le nombre de cycles absolus à $s$ dimensions situés dans $U(a, \delta) - F$ et indépendants par rapport aux homologies dans $U(a, \varepsilon) - F$; posons $q_\varepsilon = \lim_{\delta \to 0} q_{\delta,\varepsilon}$, $q^s(a, R^n - F) = \lim_{\varepsilon \to 0} q_\varepsilon$; le nombre $q^s(a, R^s - F)$ sera nommé *nombre de Betti s-dimensionnel de* $R^n - F$ *autour de a*.

*Remarque.* — Tous les nombres rationnels sont admis comme coefficients dans les cycles et dans les homologies ci-dessus. Si $s = 0$, on suppose de plus que la somme des coefficients dans les cycles à 0 dimensions est nulle.

Théorème de dualité. — $p^r(a, F) = q^{n-r-1}(a, R^r - F)$.

Corollaire I. — *Les nombres* $q^s(a R^n - F)$ *sont des invariants topologiques de* F.

Corollaire II. — *Si* V *est une variété à r dimensions située dans* $R^n$, *on a* $q^s(a, R^n - F) = 1$ *ou* $= 0$ *selon que* $s = n - r - 1$ *ou* $s \neq r - n - 1$.

3. Dans le cas où la dimension de F (au sens de Brouwer, Urysohn, Menger) est égale à 1, on a les théorèmes suivants :

I. *Les continus de dimension* 1 (*les courbes*) *ayant autour de chacun de leurs points un nombre de Betti* $p^1(a, F)$ *fini sont identiques avec les courbes à connexion finie* (²). *Si en outre* $p^1(a, F)$ *prend toujours la même valeur k, cette valeur est nécessairement égale à* 1 *et* F *est homéomorphe à la circonférence.*

Corollaire (³). — *Pour qu'une courbe* F *située dans* $R^n$ *soit homéomorphe à une circonférence, il faut et il suffit que* $q^{n-2}(a, R^n - F)$ *prenne toujours la même valeur finie; cette valeur est alors égale à* 1.

4. *Accessibilité.* — Nous dirons que le point $a$ de F est *s-accessible*, s'il correspond à tout $\varepsilon > 0$ et $\delta > 0$ tel que tout cycle absolu à $s$ dimensions situé dans $U(a, \delta) - F$ est homologue à O sur un ensemble fermé situé dans $U(a, \varepsilon)$ et n'ayant avec F aucun point différent de $a$ en commun.

On voit facilement que les points O-accessibles sont caractérisés par la

---

(¹) Nous comptons les points $a$ pour lesquels $p(a, F)$ est infini, mais le nombre $p$ correspondant est fini quel que soit $e$, parmi les points « à nombre de Betti fini ».

(²) P. Alexandroff, *Math. Annalen*, **96**, 1926, p. 513.

(³) Pour $n = 2$ ce corollaire fut démontré par M. Zarankiewicz (*Fund. Math.*, **13**, 1929, p. 267).

propriété suivante : à tout $\varepsilon$ correspond un $\delta$ tel qu'il existe pour tout point $x$ de $U(a, \delta)$ un arc simple $\overline{xa}$ situé dans $U(a, \varepsilon)$ et n'ayant avec F que le seul point $a$ en commun.

Nous dirons que $\mathcal{F}$ *n'a pas au point a de condensation r dimensionnelle*, s'il correspond à tout $\varepsilon > 0$ un $\delta > 0$ tel qu'un cycle arbitraire module $[F - U(a, \varepsilon)]$ à $r$ dimensions, qui n'est pas $\sim 0 \bmod [F - U(a, \delta)]$ n'est pas $\sim 0 \bmod [F - U(a, \delta')]$ *quel que soit* $\delta' < \delta$. On voit sans peine que *tout point a pour lequel* $p^r(a, F)$ *est fini, est sans condensation r-dimensionnelle.*

On a alors le théorème :

II. *Pour que le point a soit* $(n - r - 1)$ *accessible, il faut et il suffit qu'il soit sons condensation r-dimensionnelle.*

Il en résulte :

Théorème d'invariance. — *Soient* F *et* F′ *deux ensembles homéomorphes situés dans des espaces euclidiens* R *et* R′ *respectivement à n et à n′ dimensions. Si les points a et a′ se correspondent dans une homéomorphie entre* F *et* F′ *et si a est s-accessible dans* $R^n$, *alors a′ est* $(s + n' - n)$ *accessible dans* R′.

Il en résulte (pour l'accessibilité ordinaire, correspondant à $s = 0$) :

Corollaire I. — *Si* $\dim F < n - 1$, $F \subset R^n$, *tous les points de* F *sont accessibles.*

Corollaire II. — *Le point a de* $F \subset R^n$ *est accessible, si* $p^{n-1}(a, F)$ *est fini, donc en particulier si* F *est homéomorphe à un sous-ensemble de* $R^{n-1}$ [*plus généralement, d'un polyèdre quelconque à* $(n - 1)$ *dimensions* (1)].

Les démonstrations de ces résultats paraîtront dans un autre Recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Fourier lacunaires.* Note (2) de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Hadamard.

Dans une Note précédente (3), nous avons envisagé les séries de Fourier représentant les fonctions qui, en moyenne, sont très petites au voisinage d'un point (4). Dans ce qui suit, nous supposons que la fonction s'annule en un ensemble de points.

(1) Ce corollaire comprend donc comme cas particulier un théorème connu de M. Mazurkiewicz (*Fund. Math.*, **13**, 1929, p. 146).

(2) Séance du 3 janvier 1934.

(3) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1569.

(4) A la page 1571 de la Note citée, lire $|f_u(t)| < e^{\alpha-\rho}$, au lieu de $|f_u(t)| > e^{\alpha-\rho}$

Soit E un ensemble mesurable de points situés dans un intervalle $(a, b)$. Soit $t_0$ un point de cet intervalle, et soit $\alpha$ une quantité positive ou négative, telle que le point $t_0 + \alpha$ soit encore situé dans ce même intervalle.

Désignons par $m(E, t_0, \alpha)$ la mesure de l'ensemble des points de E situés dans l'intervalle $(t_0, t_0 + \alpha)$.

Soit A un ensemble mesurable de points situés dans l'intervalle $(a_1, b_1)$ et soit B l'ensemble des points de $(a_1, b_1)$ n'appartenant pas à A. Soit $\tau(x)$ une fonction positive définie pour $x$ positif assez grand.

Nous dirons qu'un point $t'$ de l'intervalle $(a_1, b_1)$ est un point de densité de l'ensemble A, relativement à la fonction $\tau(x)$, si

$$\liminf_{|\alpha| \to 0} \text{ de } \frac{m(B, t', \alpha)}{|\alpha|} \tau\left(\frac{1}{|\alpha|}\right) = 0.$$

En termes peu précis, on peut dire que, plus la fondation $\tau(x)$ est croissante avec $x$, plus il y a de points de A au voisinage de $t'$.

On peut démontrer le théorème suivant :

*Soit $f(t)$ une fonction intégrable, au sens de M. Lebesgue, dans l'intervalle $(0, 2\pi)$. Supposons que*

$$f(t) \sim \sum_{i=1}^{\infty} (a_{n_i} \cos n_i t + b_{n_i} \sin n_i t),$$

*l'exposant de convergence de la suite $\{n_i\}$ étant égal à $\sigma (\sigma < 1)$.*

*Supposons qu'au voisinage d'un point $t_0 (0 \leq t_0 \leq 2\pi) f(t)$ est bornée, et que cette fonction s'annule dans un ensemble* E *admettant le point $t_0$ comme point de densité, relativement à la fonction $e^{x^\rho}$, avec $\rho > \sigma/1 - \sigma$.*

*Dans ces conditions, $f(t)$ est nulle presque partout* ([1]).

La démonstration de ce théorème s'appuie sur le fait que le point $t_0$ est, en moyenne, un zéro de $f(t)$ d'ordre exponentiel non inférieur à $\rho$.

Le théorème de la Note précédente suffit donc pour achever la démonstration du théorème que nous venons d'énoncer.

Nous allons maintenant énoncer le théorème suivant :

*Soit une fonction indéfiniment dérivable dans l'intervalle* $(0, 2\pi)$, *périodique ainsi que ses dérivées (de période $2\pi$), et appartenant à une classe quasi*

---

([1]) Signalons que M. Zygmund a récemment démontré le théorème suivant : *Si la série trigonométrique $\Sigma(a_{n_i} \cos n_i t + b_{n_i} \sin n_i t)$ converge vers zéro dans un ensemble* E *de mesure positive et si $n_i + 1/n_i > q > 1$ $(i = 1, 2, 3, \ldots)$, alors $a_{n_i} = b_{n_i} = 0$ $(i = 1, 2, \ldots)$* (*Trans. Amer. Math. Soc.*, 34, 1932, p. 435). Remarquons que dans ce théorème $\sigma = 0$.

*analytique de fonctions de MM. Denjoy-Carleman; c'est-à-dire que l'on a*

$$|\varphi^{(n)}(t)| < m_n \qquad (0 \leqq t \leqq 2\pi,\ n = 0, 1, 2, \ldots),$$

*la suite* $\{m_n\}$ *étant telle qu'en posant*

$$\beta_n^* = \min \sqrt[n+k]{m_{n+k}} \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots)\ (^1),$$

*la série*

$$\sum \frac{1}{\beta_n^*}$$

*diverge.*

*Soit* $f(t)$ *une fonction intégrable, au sens de M. Lebesgue, dans l'intervalle* $(0, 2\pi)$, *et supposons que*

$$f(t) \sim \sum_{i=1}^{\infty} (a_{n_i} \cos n_i t + b_{n_i} \sin n_i t),$$

*la série*

$$\sum \frac{1}{n_i}$$

*étant convergente.*

*Si l'égalité*

$$f(t) = \varphi(t)$$

*est vérifiée dons un intervalle* $(\alpha, \beta)$ $(0 < \alpha < \beta < 2\pi)$, *elle est vérifiée dans l'intervalle* $(0, 2\pi)$ *presque partout.*

Il est intéressant de remarquer qu'on n'a pas besoin de spécifier la classe quasi analytique $C_{\{m_n\}}$ de fonctions à laquelle appartient $\varphi(t)$.

Remarquons que *lorsque l'ensemble* E *est un intervalle*, on peut énoncer des théorèmes analogues au premier théorème de cette Note, et très généraux quant aux lacunes. Les démonstrations constituent, dans ces conditions, une traduction presque immédiate, par l'intermédiaire du principe de Schwarz, des théorèmes connus sur le prolongement analytique des séries de Taylor.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une méthode de construction de la fonction de Green appartenant à un domaine plan quelconque.* Note de M. **F. Leja**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit D un domaine quelconque du plan complexe contenant le point à l'infini dans son intérieur. La frontière F de D est un exemple fermé et

(1) On peut évidemment supposer que $\lim_{n=\infty} \sqrt[n]{m_n} = \infty$.

borné; nous supposerons que D soit connexe et que chaque point de F fasse partie d'un continu appartenant à F.

Considérons les affixes de $n+1$ points différents quelconques

$$\zeta_0, \quad \zeta_1, \quad \ldots, \quad \zeta_n, \tag{1}$$

situés sur la frontière F de D et formons les polynomes de Lagrange

$$\mathcal{L}_n^{(j)}(x, \zeta) = \frac{z-\zeta_0}{\zeta_j-\zeta_0}\cdots\frac{z-\zeta_{j-1}}{\zeta_j-\zeta_{j-1}}\cdot\frac{z-\zeta_{j+1}}{\zeta_j-\zeta_{j+1}}\cdots\frac{z-\zeta_n}{\zeta_j-\zeta_n} \qquad (j=0, 1, \ldots, n),$$

appartenant aux points (1). La formule

$$\mathcal{L}_n(z) = \min_{(\zeta)}\left\{\max_{(j)}|\mathcal{L}_n^{(j)}(z, \zeta)|\right\}, \tag{2}$$

où $\zeta = \{\zeta_0, \zeta_1, \ldots, \zeta_n\}$ représente toujours une suite de $n+1$ points situés sur F, définit une fonction $L_n(z)$ non négative dans le plan entier.

D'après la Note précédente ([1]), la suite $\{\sqrt[n]{\mathcal{L}_n(z)}\}$ tend en chaque point du plan vers une limite déterminée et finie

$$\sqrt[n]{\mathcal{L}_n(z)} \to l(z). \tag{3}$$

On peut prouver que la suite (3) est uniformément bornée dans chaque domaine borné du plan et que la fonction limite $l(z)$ jouit des propriétés suivantes :

1° elle est partout continue et l'on a partout $l(z) \geqq 1$; 2° $l(z)=1$ sur la frontière F et à l'extérieur de D (si des points extérieurs existent); 3° $l(z) \to \infty$ si $z \to \infty$.

2. Posons

$$V(\zeta_0, \zeta_1, \ldots, \zeta_n) = \prod_{0 \leqq j < k \leqq n} |\zeta_j - \zeta_k|$$

et observons que, lorsque les points (1) parcourent arbitrairement la frontière F, la fonction $V(\zeta_0, \zeta_1, \ldots, \zeta_n)$ atteint un maximum. Soient

$$\eta_0, \quad \eta_1, \quad \ldots, \quad \eta_n \tag{4}$$

les affixes de $n+1$ points de F tels qu'on ait

$$V(\eta_0, \eta_1, \ldots, \eta_n) = \max_{(\zeta)} V(\zeta_0, \zeta_1, \ldots, \zeta_n). \tag{5}$$

Posons pour $j = 0, 1, \ldots, n$ :

$$\varphi_j(z, \eta) = (z-\eta_0)\ldots(z-\eta_{j-1})(z-\eta_{j+1})\ldots(z-\eta_n)$$

---

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 42.

et

$$\mathcal{L}_n^{(j)}(z, \eta) = \frac{\varphi_j(z, \eta)}{\varphi_j(\eta_j, \eta)},$$

et soit $|\varphi_0(\eta_0, \eta)|$ le plus petit des modules $|\varphi_j(\eta_j, \eta)|$ pour $j = 0, 1, \ldots, n$. Je vais prouver ce que voici :

I. *La suite des fonctions en* $z$ $\left\{\sqrt[n]{|\mathcal{L}_n^{(0)}(z, \eta)|}\right\}$ *converge partout dans le domaine* D *et l'on a*

$$\sqrt[n]{|\mathcal{L}_n^{(0)}(z, \eta)|} \rightarrow l(z). \tag{6}$$

En effet, d'après (2), on a quel que soit $z$ :

$$\mathcal{L}_n(z) \leqq \max_{(j)} |\mathcal{L}_n^{(j)}(z, \eta)|,$$

donc, étant

$$|\varphi_0(\eta_0, \eta)| \leqq |\varphi_j(\eta_j, \eta)| \quad \text{et} \quad \varphi_j(z, \eta) = \varphi_0(z, \eta)\frac{z - \eta_0}{z - \eta_j},$$

on a

$$\mathcal{L}_n(z) \leqq |\mathcal{L}_n^{(0)}(z, \eta)| \max_{(j)} \left|\frac{z - \eta_0}{z - \eta_j}\right|. \tag{7}$$

Soient $z$ un point fixe de D et $\xi_0, \xi_1, \ldots, \xi_n$ les points de F dépendant de $z$ et tels qu'on ait

$$\mathcal{L}_n(z) = \max_{(j)} |\mathcal{L}_n^{(j)}(z, \xi)|, \quad \text{où} \quad \xi = \{\xi_0, \xi_1, \ldots, \xi_n\}. \tag{8}$$

D'après la formule connue de Lagrange, on a

$$\mathcal{L}_n^{(0)}(z, \eta) \equiv \sum_{j=0}^{n} \mathcal{L}_n^{(0)}(\xi_j, \eta)\, \mathcal{L}_n^{(j)}(z, \xi), \tag{9}$$

donc, comme, quel que soit $z$ sur F, on a $|\mathcal{L}_n^{(0)}(z, \eta)| \leqq 1$, ce qu'on peut déduire de l'hypothèse (5), il suit de (9) et (8) qu'on a

$$|\mathcal{L}_n^{(0)}(z, \eta)| \leqq (n+1)\, \mathcal{L}_n(z). \tag{10}$$

Notre proposition résulte immédiatement des inégalités (7) et (10) en vertu de (3).

3. Il suit de ce qui précède que la suite

$$\frac{1}{n}\log|\mathcal{L}_n^{(0)}(z, \eta)| = \frac{1}{n}\log\left|\frac{z - \eta_1}{\eta_0 - \eta_1} \cdots \frac{z - \eta_n}{\eta_0 - \eta_n}\right| \qquad (\eta = 1, 2, \ldots) \tag{11}$$

converge dans le domaine D vers la fonction $G(z) = \log l(z)$. Observons

que les termes de cette suite sont harmoniques dans D; d'autre part, la suite (11) est uniformément bornée dans le voisinage de chaque point intérieur à D, donc la fonction limite $G(z)$ est harmonique dans D.

En tenant compte des propriétés de la fonction $l(z)$ définie par (3) on obtient la proposition suivante :

II. *La suite* (11) *converge dans le domaine* D *vers la fonction de Green qui s'annule sur la frontière* F *de* D *et tend vers* $+\infty$ *lorsque* $z$ *tend vers l'infini.*

On peut prouver que la suite $\{\sqrt[n]{|(\eta_0-\eta_1)\ldots(\eta_0-\eta_n)|}\}$ tend vers une limite positive $d$ (dite le diamètre transfini de F), donc on peut déduire de ce qui précède :

$$\log|z| - G(z) \to \log d \quad \text{si} \quad z \to \infty.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les bandes de divergence de certaines fonctions d'ordre infini.* Note [1] de M. **A. Rauch**, présentée par M. Hadamard.

Considérons les fonctions entières $f(z)$ pour lesquelles

$$(1) \qquad \overline{\lim}\, \frac{\overset{+}{\log} T(r, f)}{r} = \rho.$$

Il est évident que $\int^{\infty} e^{-\lambda r} T(r)\, dr$, $\int^{\infty} e^{-\lambda r} N(r, x)\, dr$, $\int^{\infty} e^{-\lambda r} n(r, x)\, dr$, $\sum^{\infty} e^{-\lambda r_\nu(x)}$ convergent pour tout $\lambda > \rho$, et divergent pour tout $\lambda < \rho$, sauf peut-être pour une valeur de $x$.

Appelons droite d'ordre apparent $\rho$ en $e^z$ et divergeant d'une fonction (1) une droite le long de laquelle

$$\int e^{-\rho|z|} \overset{+}{\log} |f(z)|\, |dz|$$

diverge. On a la proposition :

A. *Les droites d'ordre apparent* $\rho$ *en* $e^z$ *et divergeant d'une fonction* (1) *forment des bandes, la largeur de chacune de ces bandes étant au moins* $\pi/\rho$.

C'est l'extension d'un théorème de M. Valiron [2]. Pour l'établir, il

---

(1) Séance du 3 janvier 1934.

(2) *Sur les directions de Borel des fonctions méromorphes d'ordre fini* (*Journal de Villat*, **10**, IV, 1931, p. 468).

suffit d'étendre une inégalité du même auteur [1]; on a

$$\sin k(y_1-y_2)\int_0^\infty e^{-kx}\overset{+}{\log}|f(x+iy_0)|\,dx$$
$$< \sin k(y_0-y_2)\int_0^\infty e^{-kx}\overset{+}{\log}|f(x+iy_1)|\,dx$$
$$+\sin k(y_1-y_0)\int_0^\infty e^{-kx}\overset{+}{\log}|f(x+iy_2)|\,dx+\text{const.}$$
$$\left(y_1\leqq y_0\leqq y_1,\ y_1-y_2<\frac{\pi}{k},\ k<\rho\right).$$

On en déduit :

I. *$f(z)$ étant une fonction* (1), *si*

$$\int e^{-\rho|z|}\overset{+}{\log}|f(z)|\,|dx|$$

*prise sur deux demi-droites parallèles et formant une demi-bande dont la largeur est plus petite que $\pi/\rho$ est finie, cette intégrale est finie sur toute demi-droite intérieure à la bande.*

Par conséquent :

II. Les demi-droites *d'ordre apparent $\rho$ en $e^z$ et divergeant d'une fonction* (1) *forment des bandes, la largeur de chacune de ces bandes étant au moins $\pi/\rho$.*

On en déduit la proposition A. Il est entendu que les bandes et demi-bandes sont à une distance finie de l'origine.

Dans un autre ordre d'idées, on voit que si D est une droite telle que $\Sigma e^{-\lambda r_\nu(x)}$ relative aux modules des zéros de $f(z)-x$ situés dans une bande quelconque de médiane D [2], diverge, cette droite D contient une suite infinie de centres de cercles de remplissage d'équations

$$|z-x(n)|=\alpha(n),\qquad \lim\alpha(n)=0,\qquad \lim|x(n)|=\infty,$$

à l'intérieur desquels le nombre des zéros de $f(z)-g(z)$ est supérieur à $N(n)$. La série

$$\Sigma e^{-x|\lambda(n)|}N(n)$$

diverge. Les fonctions $g(z)$ comprennent toutes les constantes, sauf une au

---

(1) *Loc. cit.*, p. 465.

(2) Dans son cours de 1933 à Harvard University, M. Valiron montre que les droites frontières des bandes de la proposition (A) sont de telles droites.

plus, ainsi que toutes les fonctions méromorphes pour lesquelles

$$\int^{\alpha} e^{-\lambda r}\,T(r, g)\,dr$$

converge, sauf deux au plus.

M. Milloux [1] a étudié les fonctions d'ordre infini, en particulier les fonctions (1). Nous étendons ici l'un de ses théorèmes.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les zéros réels des polynomes.* Note [2] de M. **Nikola Obrechkoff** présentée par M. Émile Borel.

Considérons une suite des polynomes réels

$$P_0(x),\quad P_1(x),\quad \ldots,\quad P_m(x),\quad \ldots,$$

$P_n(x)$ étant de degré $n$, entre lesquels il existe les relations

$$(1)\qquad P_m(x) = (\alpha_m x + \beta_m)P_{m-1}(x) + \gamma_m P_{m-2}(x) \qquad (m = 2, 3, \ldots),$$

où $\alpha_m \neq 0$, $\gamma_m \neq 0$. Nous démontrerons le théorème suivant :

I. *Supposons que les zéros du polynome* $P_n(x)$ *sont réels et sont séparés par les zéros du polynome* $P_{n-1}(x)$. *Alors chaque polynome de la forme*

$$f(x) = \lambda_1 P_1(x) + \lambda_2 P_2(x) + \ldots + \lambda_{2n-1} P_{2n-1}(x),$$

*où les nombres* $\lambda_k$ *sont réels et arbitraires, a au moins un zéro impair dans l'intervalle des zéros extrêmes du polynome* $P_n(x)$.

En effet des formules (1) on obtient facilement les relations

$$(2)\qquad \begin{cases} P_{n+p}(x) = \varphi_n^{(p)}(x)\quad P_n(x) + \psi_n^{(p-1)}(x)P_{n-1}(x), \\ P_{n-p}(x) = u_n^{(p-2)}(x)P_n(x) + v_n^{(p-1)}(x)P_{n-1}(x), \end{cases}$$

où $\varphi_n^{(p)}(x)$, $\psi_n^{(p-1)}(x)$, $u_n^{(p-2)}(x)$, $v_n^{(p-1)}(x)$ sont des polynomes des degrés $p$, $p-1$, $p-2$, $p-1$ respectivement. Alors de (2) il s'ensuit que le polynome $f(x)$ a la forme suivante :

$$(3)\qquad f(x)\,A(x)P_n(x) + B(x)P_{n-1}(x),$$

$B(x)$ étant un polynome de degré égal au plus à $n-2$. Soient $x_1, x_2, \ldots, x_n$

---

(1) *Quelques propriétés des fonctions entières d'ordre infini* (*Ann. Éc. Norm.*, 3e série, 54, 1932, p. 180).

(2) Séance du 3 janvier 1934.

les zéros du polynome $P_n(x)$ rangés par des grandeurs croissantes. De (3) on obtient

$$(4) \qquad f(x_s) = B(x_s)P_{n-1}(x_s) \qquad (s = 1, 2, \ldots, n).$$

Lorsque $x$ croît de $x_1$ jusqu'à $x_n$ le polynome $P_{n-1}(x)$ s'annule $n-1$ fois en changeant le signe. Le polynome $B(x)$ étant de degré $n-2$ peut s'annuler maximum $n-2$ fois en changeant le signe. Donc de (4) on conclut que $f(x)$ s'annule au moins une fois en changeant le signe, et le théorème est démontré.

Les zéros du polynome $P_n(x)$ sont réels et sont séparés par les zéros du polynome $P_{n-1}(x)$ dans le cas si les nombres $\alpha_m$, $-\gamma_m (m = 2, 3, \ldots, n)$ sont positifs, c'est-à-dire si les polynomes $P_0(x)$, $P_1(x)$, ..., $P_n(x)$ forment une suite de Sturm, et dans ce cas seulement, si $\lim_{n \to \infty} P_n(x)/x^n > 0$.

On peut démontrer dans ce cas qu'il existe des polynomes de degrés respectifs $2n-1$ et $2n-2$ dont un seul zéro soit à l'intérieur de l'intervalle $(x_1, x_n)$ mais aussi voisin qu'on le veut de l'une ou de l'autre de ces limites, c'est-à-dire la limitation donnée par le théorème I est la meilleure possible.

Soient $\psi(x)$ une fonction non décroissante, $T_n(x)$ le polynome de Tchebichef de degré $n$ qui satisfait à la condition suivante :

$$\int_{-\infty}^{\infty} g(x) T_n(x) \, d\psi(x) = 0,$$

où $g(x)$ désigne un polynome quelconque de degré au plus égal à $n-1$. On sait bien que les polynomes $T_n(x)$ satisfont aux relations (1), $\gamma_n < 0$. En appliquant le théorème I pour ces polynomes on obtient comme des cas particuliers les résultats de MM. Montel [1], Tchakaloff [2], Fayard [3].

Nous démontrons un théorème encore plus général.

II. *Supposons que les zéros du polynome $P_n(x)$ sont réels et sont séparés par les zéros du polynome $P_{n-1}(x)$. Chaque polynome de la forme*

$$\varphi(x) = \lambda_m P_m(x) + \lambda_{m+1} P_{m+1}(x) + \ldots + \lambda_{m+p} P_{m+p}(x),$$

*où $\lambda_k$ sont des nombres réels arbitraires, $n \geq m + P/2$, a au moins m zéros impairs dans l'intervalle des zéros extrêmes du polynome $P_n(x)$.*

---

(1) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 511, et *Bulletin de la Société mathématique de France*, 58, 1930, p. 105-126.

(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 32 et 330.

(3) *Bulletin de la Société mathématique de France*, 59, 1931, p. 229-255.

On peut facilement généraliser les théorèmes obtenus en supposant que seulement $p \leqq n$ zéros du polynome $P_n(x)$ sont séparés par les zéros de $P_{n-1}(x)$.

THÉORIE DES GROUPES CONTINUS. — *Sur les groupes topologiques compacts et le cinquième problème de M. Hilbert* (¹). Note (²) de M. **L. Pontrjagin**, présentée par M. Hadamard.

1. M. J. von Neumann a démontré récemment (³) que tout groupe continu clos (c'est-à-dire groupe topologique compact, connexe et localement euclidien) est un groupe de Lie; il a donc résolu par l'affirmative le problème de M. Hilbert (pour les groupes compacts). Je me propose de donner ici un résultat bien plus général que celui de M. von Neumann et cela par des moyens qui me semblent plus simples. Je prouverai notamment le théorème suivant :

Théorème. — *Tout groupe topologique compact, localement connexe et de dimension finie, est un groupe de Lie, d'ailleurs isomorphe à un sous-groupe du groupe de rotations de l'espace euclidien à un nombre de dimension suffisamment grand.*

2. Ce théorème est contenu dans le théorème suivant :

Théorème fondamental. — *Soit* W *un groupe topologique compact, connexe et de dimension finie r. Il existe dans* W *un sous-groupe invariant* (diviseur normal) U, *abélien et de dimension nulle, tel que le groupe quotient* W/U («Faktorgruppe») *est un groupe de Lie connexe. Si le groupe* U *est fini, alors* W *est lui-même un groupe de Lie isomorphe à un groupe de rotations* (d'un espace euclidien $E^n$). *Si le groupe* U *est infini, il est homéomorphe à l'ensemble parfait discontinu de Cantor; dans ce cas l'élément unité du groupe* W *possède un voisinage homéomorphe au produit topologique de l'ensemble de Cantor par un cube r-dimensionnel, de sorte que le groupe* W *ne peut pas être localement connexe.*

On peut d'ailleurs préciser ce résultat. Soit G le groupe fondamental (groupe de connexion d'après la terminologie de M. Cartan) de la variété V = W/U. D'après les résultats de O. Schreier (⁴), le groupe G est abé-

(¹) Hilbert, *Problèmes mathématiques. Conférence faite au Congrès international des Mathématiciens à Paris en* 1900.

(²) Séance du 3 janvier 1934.

(³) *Annals of Mathematics*, 2ᵉ série, **34**, 1933, p. 170.

(⁴) *Abh. Math. Seminar Hambourg*, **4**, 1926, p. 15-32, et **5**, 1927, p. 233-244.

lien. Or il existe une suite non croissante $G > G_1 > G_2 > \ldots > G_i > \ldots$ de sous-groupes de G, tels que *l'indice de* $G_{i+1}$ dans $G_i$ est un nombre fini $k_i$.

Si tous les $k_i$, à partir d'une certaine valeur de $i$, sont égaux à 1, on a le premier cas envisagé dans l'énoncé du théorème fondamental, tandis que le second cas de ce théorème correspond au cas où il y a, parmi les $k_i$, une infinité d'entiers différents de l'unité.

3. La démonstration du théorème fondamental repose sur la notion d'une *suite convergente du groupe* (¹).

Soit $W_1, W_2, \ldots, W_i, \ldots$ une suite de groupes topologiques compacts. Supposons définie une suite $f_1, f_2, \ldots, f_i, \ldots$, où $f_i$ est une représentation homomorphe (= mériédriquement isomorphe) de $W_{i+1}$, $W_i$. Les suites $\{w_1, w_2, \ldots, w_i, \ldots\}$, où $w_i = f(w_{i+1})$ forment un groupe topologique W : il suffit de poser $\{w_i\}.\{w'_1\} = \{w_i.w'_1\}$ et de considérer comme voisinage de $\{w_i\}$ l'ensemble de toutes les suites $\{w'_1\}$ dont les $n$ premiers membres $w'_1, \ldots, w'_r$ ($n$ est un entier quelconque) appartiennent respectivement aux voisinages arbitrairement donnés $w_1, \ldots, w_n$. On s'aperçoit facilement que *la limite d'une suite de groupes compacts est, elle aussi, un groupe compact*.

Cela posé, on tire tout d'abord des résultats de MM. Weyl et Peter (²) [rendus applicables aux groupes compacts arbitraires par les recherches de M. Haar (³)] le suivant :

Théorème auxiliaire. — *Tout groupe topologique compact* W *est limite d'une suite convergente* $\{W_i\}$ *de groupes de Lie compacts. Si* W *a la dimension finie r, tous les groupes* $W_i$ *ont eux aussi (pour i assez grand) la dimension r et les homomorphismes* $f_i$ *correspondent aux sous-groupes invariants finis.*

Cela posé, voici la marche à suivre pour démontrer le théorème fondamental. La suite $\{W_i\}$ de groupes de Lie à $r$ dimensions convergente vers W étant donnée, désignons par $U_1$ le sous-groupe de $W_1$ ne contenant que l'élément unité. Le sous-groupe $U_i$ de $W_i$ étant déjà défini, désignons par $U_{i+1}$ le sous-groupe de $W_{i+1}$ constitué par tous les éléments de $W_{i+1}$

---

(¹) Cette notion fondamentale n'est qu'une application à la théorie des groupes de la notion de *spectre projectif* due à M. Alexandroff (*Annals of Math.*, 2ᵉ série, 30, 1928, p. 101-187), les $W_i$ forment en effet un spectre projectif de W.

(²) *Math. Annalen*, 97, 1927, p. 737-755.

(³) *Annals of Math.*, 2ᵉ série, 34, 1933, p. 147-169.

dont les images (données par $f_i$) appartiennent à $U_i$. Les groupes $U_i$ (abéliens d'après les résultats de M. Schreier) convergent vers un groupe U, et l'on a $W/U = W_1$. Nous désignons par $G_i$ le groupe fondamental de $W_i$. Le groupe $G_{i+1}$ est un sous-groupe du groupe $G_i$; tous ces groupes sont abéliens. L'indice de $G_{i+1}$ dans $G_i$ est par définition $k_i$; ce nombre est égal à l'ordre du sous-groupe invariant de $W_{i+1}$ constitué de tous les éléments de ce groupe qui sont transformés par $f_i$ en l'élément unité de $W_i$. Il en résulte que tous les groupes $W_i$ sont, pour $i$ assez grand, isomorphes au groupe W, si les $k_i$ correspondants sont égaux à 1.

La démonstration du fait que U est homéomorphe à l'ensemble de Cantor, si $k_i \neq 1$ pour une infinité de valeurs de $i$, ne présente aucune difficulté sérieuse.

Une exposition complète de la théorie ci-dessus paraîtra dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE. — *Sur une équation intégro-différentielle de la théorie de l'élasticité.* Note de M. **V.-A. Kostitzin**, présentée par M. H. Villat.

1. Dans une Note récente sur les phénomènes élastiques héréditaires et le principe du cycle fermé ([1]), j'ai montré que ce dernier sous sa forme statique, tout en donnant une image qualitativement fidèle des faits observés, n'est pas satisfaisant du point de vue numérique. Je vais étendre ce résultat à la forme dynamique des équations héréditaires d'élasticité. Cette forme est d'ailleurs celle qui fut proposée par Boltzmann en 1876. Soient donc $f(t)$ la charge, $\varphi(t)$ la flexion subie par un échantillon quelconque, $\mu$ le coefficient de Hooke, $\lambda K(t-u)$ le coefficient d'hérédité. Ces quantités sont liées entre elles par l'équation intégro-différentielle

$$(1) \qquad \varepsilon\varphi''(t) + \varphi(t) = \mu f(t) + \lambda \int_0^t K(t-u)\varphi(u)\,du.$$

Supposons qu'à certains moments $t_1$, $t_2$, ... la charge $f(t)$ et sa dérivée $f'(t)$ aient des discontinuités

$$d_k = f(t_k+0) - f(t_k-0), \qquad d'_k = f'(t_k+0) - f'(t_k-0),$$

toutes les autres dérivées restant continues. Soient $\delta_k$ et $\delta'_k$ les discontinuités

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 47-49.

correspondantes de $\varphi$. Multiplions (1) par $e^{-tz}\,dz$ et intégrons par rapport à $t$ de 0 à $\infty$. Nous trouvons

$$\varepsilon\int_0^\infty \varphi''(t)e^{-zt}\,dt+\int_0^\infty \varphi(t)e^{-tz}\,dt$$
$$=\mu\int_0^\infty f(t)e^{-tz}\,dt+\lambda\int_0^\infty \varphi(t)\,e^{-tz}\,dt\int_0^\infty k(s)e^{-zs}\,ds.$$

Or

$$\int_0^\infty \varphi''(t)\,e^{-tz}\,dt=z^2\int_0^\infty \varphi(t)\,e^{-tz}\,dt-\varphi'(0)-z\,\varphi(0)-\sum \delta'_h e^{-t_k z}-z\sum \delta_k e^{-t_k z}.$$

Donc

$$(2)\quad \int_0^\infty e^{-tz}\varphi(t)\,dt=\frac{\varepsilon\,\varphi'(0)+\varepsilon z\varphi(0)+\varepsilon\sum \delta'_k e^{-t_k z}+\varepsilon z\sum \delta_k e^{-t_k z}+\mu\int_0^\infty e^{-tz}f(t)\,dt}{1+\varepsilon z^2-\lambda\int_0^\infty e^{-zs'}k(s)\,ds}.$$

L'inversion de cette intégrale donne la déformation $\varphi(t)$ :

$$(3)\quad \varphi(t)=\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{z\varphi'(0)+\varepsilon z\varphi(0)+\varepsilon\sum \delta'_k e^{-t_k z}+\varepsilon z\sum \delta_k e^{-t_k z}+\mu\int_0^\infty e^{-sz}f(s)\,ds}{1+\varepsilon z^2-\lambda\int_0^\infty e^{-zs}K(s)\,ds}\,e^{zt}\,dz,$$

le contour d'intégration complexe C étant une droite parallèle à l'axe imaginaire et passant à une distance suffisamment grande de cet axe du côté des $x$ positifs. La déformation $\varphi(t)$ donnée par (3) ne dépend en fait que des valeurs de $f(s)$ antérieures à $t$. Cette simple remarque permet de montrer que les réactions du matériel aux variations brusques de la charge et de sa dérivée sont toujours conformes à la loi de Hooke : $\delta_k=\mu.d_k$, $\delta'_k=\mu.d'_k$.

Supposons que le dénominateur

$$\varepsilon P(z)=1+\varepsilon z^2-\lambda\int_0^\infty e^{-zs}K(s)\,ds$$

ait toutes ses racines simples négatives ou à parties réelles négatives, et que le développement

$$\frac{1}{p(z)}=\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon z^2-\lambda\int_0^\infty e^{-zs}K(s)\,ds}=\sum\frac{A_k}{z-z_k}$$

soit convergent. On trouve sans peine que

$$A_k = \frac{1}{p'(z_k)} = \frac{\varepsilon}{2\varepsilon z_k + \lambda \int_0^\infty e^{-z_k s} K(s) s\, ds}; \qquad \Sigma A_k = 0; \qquad \Sigma A_k z_k = 1;$$

$$\sum \frac{A_k}{z_k} = -\frac{\varepsilon}{1 - \lambda \int_0^\infty K(s)\, ds}; \qquad \sum \frac{A_k}{z_k^2} = \frac{\varepsilon \lambda \int_0^\infty K(s) s\, ds}{\left[1 - \lambda \int_0^\infty K(s)\, ds\right]}.$$

2. Ceci posé, reconstruisons l'expérience de M. Pichot. On a dans la première partie de l'expérience $f(t) = At$ pour $0 \leqq t \leqq T$, $f(t) = A(2T - t)$ pour $T \leqq t \leqq 2T$, $f(t) = 0$ pour $t > 2T$. La fonction $f(t)$ est continue, $f'(t)$ a deux points de discontinuité $T$ et $2T$ avec des sauts respectifs $(-2A)$ et $A$. On a, d'autre part, $f(0) = 0$, $f'(0) = A$ et

$$\int_0^\infty e^{-tz} f(t)\, dt = \frac{A}{z^2}(1 - 2e^{-Tz} + e^{-2Tz}).$$

L'intégrale (3) peut être présentée comme une somme d'intégrales de deux types

$$\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{e^{z}\, dz}{z - a} = e^{pa} \quad \text{pour } p > 0 \text{ et nulle pour } p < 0,$$

$$\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{e^{pz}\, dz}{(z - a)^2} = pe^{pa} \quad \text{pour } p > 0 \text{ et nulle pour } p < 0.$$

En appliquant le même procédé à la deuxième et à la troisième partie de l'expérience on trouve, comme dans le cas statique,

$$\varphi(T + T) - \varphi(2T) = \varphi(T), \qquad \varphi(T + \infty) - \varphi(T + \infty + T) = \varphi(T).$$

Ces relations sont en contradiction avec l'expérience. Donc, l'introduction de l'accélération ne suffit pas pour concilier les faits avec le principe du cycle fermé. Le remplacement du noyau $K(t - u)$ par $K(t, u)$, c'est-à-dire la substitution du temps absolu au temps relatif $t - u$, contient toujours quelque chose de choquant pour l'esprit. Le retour à la forme primitive non linéaire de M. V. Volterra semble donc s'imposer.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la détermination en soufflerie des polaires de Papillons.* Note de MM. **A. Magnan** et **H. Girerd**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans le dessein de mesurer en soufflerie, à de faibles vitesses du courant d'air, les caractéristiques aérodynamiques de machines volantes de dimensions réduites comme les Papillons par exemple, nous avons fait réaliser une balance aérodynamique à deux composantes. Cette balance qui a été conçue d'après le principe adopté par M. F. Gruson pour des balances d'essais de maquette hydrodynamiques, se compose d'un parallélogramme de traînée porté par un parallélogramme de poussée, lui-même fixé à un socle (*fig.* 1).

Chacun de ces parallélogrammes, au lieu d'être articulé comme dans les

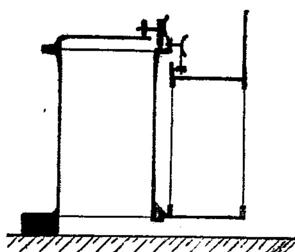


Fig. 1.

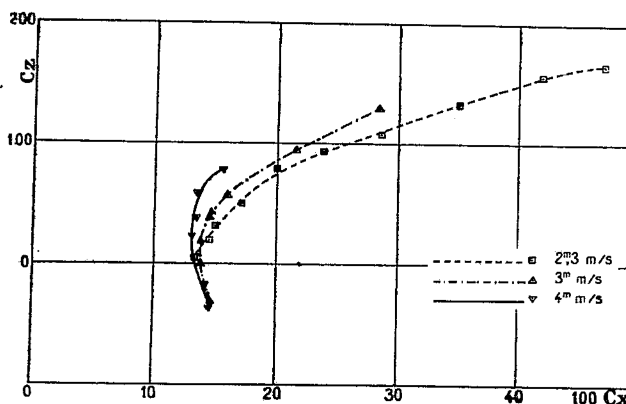



Fig. 2.

balances aérodynamiques du type Toussaint, est constitué par deux côtés opposés rigides et deux côtés élastiques, encastrés aux extrémités des premiers. Les déformations élastiques conservent, si elles sont suffisamment réduites, le parallélisme entre les côtés rigides.

Au côté mobile du parallélogramme de traînée est lié le support rigide du Papillon. La déformation du parallélogramme de traînée correspond à un déplacement horizontal du Papillon; celle du parallélogramme de poussée à un déplacement vertical. Les efforts de déformation des parallélogrammes équilibrent les composantes horizontale et verticale de la résultante aérodynamique sur l'animal.

Les déformations de faible amplitude, pour rendre négligeables les

interactions poussée-traînée, sont amplifiées par des miroirs montés sur pointeaux. On peut ainsi, soit enregistrer, soit faire des lectures sur règle graduée.

Le poids des parties mobiles de la balance étant très supérieur aux efforts à mesurer, celle-ci est plongée tout entière dans une cuve à eau; des flotteurs équilibrant le poids, on obtient les zéros sans déformation des parallélogrammes et un bon amortissement de l'appareil.

La balance est habillée pour les mesures en soufflerie d'une boîte qui porte un tube vertical protégeant le support de la maquette. Toute action du vent sur la balance est ainsi évitée, ce qui a été vérifié expérimentalement.

Les tarages effectués avant et après chaque essai sont réalisés à l'aide de leviers convenables auxquels on applique des masses marquées. L'appareil permet avec les lames de ressort utilisées (5/10$^{e}$ de millimètre d'épaisseur) la mesure des poussées jusqu'à 10$^{g}$ avec une précision de 0$^{g}$,1 et celle des traînées jusqu'à 1$^{g}$ avec une précision de 0$^{g}$,01.

Nous avons appliqué le dispositif précédent à la détermination de la polaire d'un papillon naturalisé du Brésil (*Thysania agrippina*), d'une surface d'environ 86$^{cm^2}$ et qui a été collé par l'abdomen à un corset très léger en aluminium, fixé au support de la balance. Les variations d'incidence sont rendues possibles par rotation du corset par rapport au support.

La balance installée directement au-dessous du plancher de la soufflerie Lelarge de l'Institut Aérotechnique de Saint-Cyr, le papillon se trouvait à 17$^{cm}$ au-dessus de ce plancher. Dans ces conditions, trois polaires ont été mesurées pour des vitesses de vent de 2,3; 3; 4 m/sec environ. Les résultats correspondants se voient sur la figure 2.

De l'examen des courbes obtenues, il y a lieu de retenir d'abord que la finesse maximum prend les valeurs suivantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Vitesse d'essai | 2,3 | 3 | 4 |
| Finesse maximum | 4 | 4,5 | 5 |

D'autre part on constate une variation importante des caractéristiques aérodynamiques avec la vitesse. Cette variation, qui est due à la déformation élastique des ailes, est en accord avec les résultats obtenus par Huguenard, Magnan et Planiol dans les essais effectués par eux sur un avion à ailes souples [1].

(1) Huguenard, Magnan et Planiol, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 193.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les lignes de courant autour d'une plaque en rotation, placée dans un courant fluide.* Note [1] de M. **Armen Asfazadour**, présentée par M. Henri Villat.

Les recherches de M. Riabouchinsky [2] sur l'autorotation des girouettes m'ont amené à construire effectivement les lignes de courant autour d'un plan mince, avec et sans circulation, dans un courant fluide.

En transformant légèrement les solutions connues [3] de ce problème, on peut, en choisissant une circulation telle que la vitesse reste finie sur le bord de fuite que l'on suppose correspondre toujours à la même arête de la plaque, mettre le potentiel complexe sous la forme

$$(1)\qquad f(z)=\varphi+i\psi=u\left(\zeta+\frac{l^2}{\zeta}\right)-iv\left(\zeta-\frac{l^2}{\zeta}\right)-\frac{i\omega l^4}{\zeta^2}+2li(v-\omega l)\operatorname{Log}\frac{\zeta}{l},$$

où $z=\zeta+l^2/\zeta$; $\omega$ est la vitesse angulaire de la plaque, $4l$ sa largeur, U la vitesse du courant à l'infini, $u$ et $v$ ses composantes sur des axes parallèles et perpendiculaires à la plaque. La fonction de courant sous forme non dimensionnelle devient, en posant $\zeta=re^{\alpha i}$ et $\rho=r/l$,

$$\frac{\psi}{Ul}=\frac{u}{U}\left(\rho-\frac{1}{\rho}\right)\sin\alpha-\frac{v}{U}\left(\rho-\frac{1}{\rho}\right)\cos\alpha-\frac{\omega l}{U}\frac{\cos 2\alpha}{\rho^2}+2\left(\frac{v}{U}-\frac{\omega l}{U}\right)\operatorname{Log}\rho.$$

J'ai utilisé cette fonction pour calculer les lignes de courant représentées sur les figures 1 (sans circulation) et 2 (avec circulation) en supposant que le plan de la plaque fait un angle de $\pi/4$ avec le courant (voir le schéma de la figure 3) et que $\omega l/U=1/4$ (nombre voisin de ceux que j'ai obtenus dans des expériences préalables).

Les lignes de courant tracées correspondent aux valeurs entières posi-

---

(1) Séance du 3 janvier 1934.

(2) *Bull. Inst. aerodyn. de Koutchino*, fasc. III; 1909, p. 44; *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1590.

(3) Beltrami, *Mem. dell'Accad. delle Scienze di Bologna*, 2, 1873, p. 394; Lamb, *Hydrodynamics*, 1916, p. 86; W. B. Morton, *Proc. Roy. Soc.*, A., 89, 1913, p. 106; B. Caldonazzo, *Vorträge aus dem Gebiete der Hydro-und Aerodynamik* (Innsbruck, 1923), Herausgegeben von Th. V. Karman und Levi-Civita, p. 175 (Berlin, Verlag von Julius Springer, 1924; E. Carafoli, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 804; 186, 1928, p. 1196; *Aérodynamique des ailes d'avion*, p. 65 (Étienne Chiron, éditeur, 1928).

tives et négatives de $\psi U/l$ avec en plus celles qui sont relatives aux valeurs $+0,25$; $-0,25$ et, sur la figure 2, celle qui passe par le point de vitesse nulle (ces trois dernières lignes sont en pointillé).

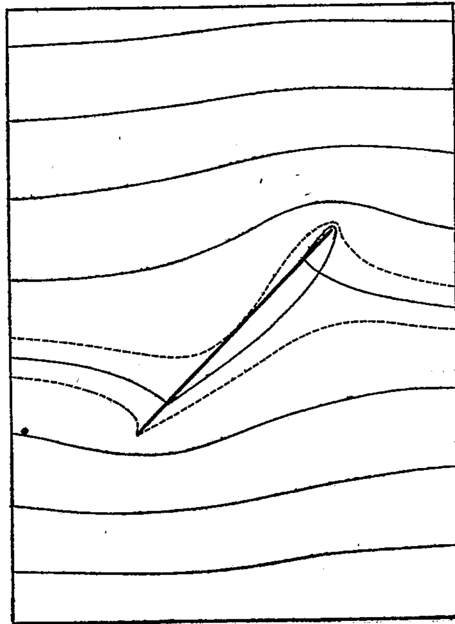


Fig. 1.

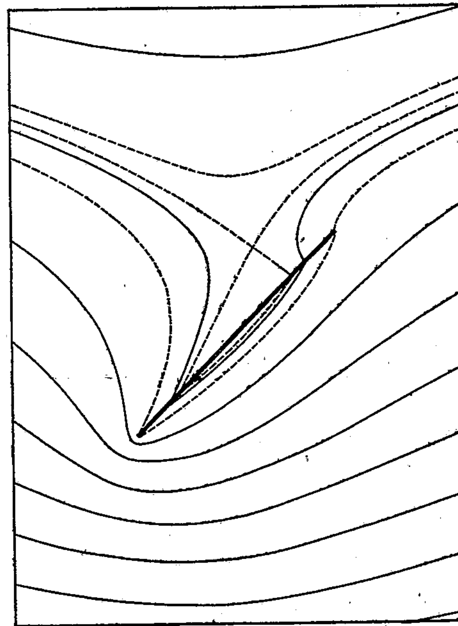


Fig. 2.

Il résulte de (1) que la circulation assurant une vitesse relative tangente au bord de fuite de la plaque est donnée, en fonction de l'angle $\theta$ de cette

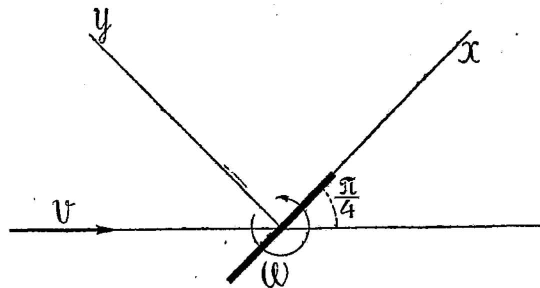



Fig. 3. — Schéma indiquant le sens de rotation de la plaque et celui du courant à l'infini sur les figures 1 et 2.

plaque et du courant, par l'expression

$$I = 4\pi l U(\sin\theta + \omega l/U). \tag{2}$$

Cette fonction a une période égale à $2\pi$. En réalité, chacune des deux

arêtes devient à tour de rôle bord de fuite, et la période du phénomène est égale à $\pi$. La formule (2) n'est applicable que lorsque l'on a $\theta < \pi/2$, car au delà de cette limite on est en présence d'un mouvement avec surfaces de glissement et sillage tourbillonnaire.

Le calcul des forces et des couples exercés sur la plaque en rotation, en tenant compte de la variation du potentiel des vitesses avec le temps et de la présence des tourbillons, reste encore à faire.

ASTRONOMIE. — *Vitesse de la Terre mesurée par des expériences purement terrestres.* Note de M. E. **Carvallo.**

1. Par le développement qu'il a donné à la célèbre expérience de Michelson, le professeur Miller [1] a déterminé la vitesse de la Terre. Elle peut être calculée aussi par les expériences de M. Esclangon [2]. C'est l'objet de la présente Note.

2. *Expériences.* — Une lunette horizontale est pointée en autocollimation sur un miroir M solidaire de la lunette. Son réticule X est porté par un micromètre qui mesure les déplacements verticaux de l'axe optique $\overrightarrow{OX}$. Celui-ci étant dirigé au Nord-Ouest, puis au Nord-Est, on note l'excès $c - c'$ des hauteurs $c$ et $c'$ de $\overrightarrow{OX}$ au-dessus de la normale au miroir M, dans les deux positions, à l'heure sidérale H. Si la vitesse $\vec{v}$ de la Terre n'avait pas d'influence sur la marche du rayon lumineux, $c - c'$ serait constamment nul. Au contraire, cette déviation $c - c'$ varie avec H. Tel est le fait expérimental.

3. *Formule d'ajustement.* — 155 observations ont été faites par M. Esclangon. Je les ai classées par heures sidérales, puis groupées 10 à 10. Chaque groupe donne une valeur moyenne de $c - c'$, à une heure moyenne H. Les 16 groupes donnent 16 points de la courbe expérimentale $c - c' =$ fonct. (H). Celle-ci détermine les inconnus $\mathcal{R}$, $a$, $b$ de la formule d'ajustement

$$(1) \quad \begin{cases} c - c' = a \sin(\mathrm{H} - \mathcal{R}) + b \sin 2(\mathrm{H} - \mathcal{R}), \\ \mathcal{R} = 9^{\mathrm{h}}, \qquad a = 17{,}5.10^{-8}, \qquad b = 0{,}58.10^{-8} \text{ radian.} \end{cases}$$

*Théorie classique.* — Pour la Terre dont la vitesse est $\vec{v}$, la surface de

(1) Dayton, C. Miller, *Reviews of Modern Physiks*, 5, 1933, p. 203.
(2) Ern. Esclangon, *J. des Observateurs*, 11, n° 4, 1927, p. 49.

l'onde émise par un point A est la sphère, de rayon V = 300000 k/sec., qui a pour centre l'extrémité A' du vecteur $\overrightarrow{AA'} = -\vec{v}$. Ce postulat suffit à calculer l'angle $c$ de $\overrightarrow{OX}$ au-dessus de la normale au miroir M. En réalité, M. Esclangon a employé un couple de miroirs (M', M) faisant entre eux l'angle S = 54° (page 12). Les calculs, compliqués par cette circonstance, conduisent à la formule que voici, équivalente à la formule (19), page 14 du Mémoire :

$$\frac{c-c'}{\varepsilon^2} = \frac{\nu}{\sqrt{2}} \sin 2h \sin \mathrm{NA} + \mu \cos^2 h \sin 2\,\mathrm{NA}$$

$$(\nu = \sin^2 2S \cos 2S = +0,596; \qquad \mu = \sin^2 S \sin 2S = +0,623).$$

$\varepsilon$ est le rapport $v/V$ de la vitesse de la Terre à celle de la lumière;

$h$ est la hauteur du vecteur $\vec{v}$ au-dessus de l'horizon;

NA, son azimut compté, dans le sens rétrograde, à partir de la direction Nord.

En un lieu de latitude $\lambda$, on passe des coordonnées locales (NA, $h$) aux coordonnées équatoriales (angle horaire $\mathcal{AH} = H - \mathcal{AR}$, déclinaison $\delta$) par les formules

$$\sin 2h \sin \mathrm{NA} = -\sin\lambda \sin 2\delta \sin \mathcal{AH} - \cos\lambda \cos^2\delta \sin 2\mathcal{AH},$$
$$\cos^2 h \sin 2\,\mathrm{NA} = -\cos\lambda \sin 2\delta \sin \mathcal{AH} + \sin\lambda \cos^2\delta \sin 2\mathcal{AH},$$

ce qui transforme l'expression de $c - c'$ en celle-ci :

$$\text{(II)} \qquad \frac{c-c'}{\varepsilon^2} = A \sin 2\delta \sin \mathcal{AH} + B \cos^2\delta \sin 2\mathcal{AH}, \qquad \lambda = 49°$$

$$\left(A = -\mu\cos\lambda - \frac{\nu}{\sqrt{2}}\sin\lambda = -0,727; \qquad B = +\mu\sin\lambda - \frac{\nu}{\sqrt{2}}\cos\lambda = +0,195\right).$$

5. *Résultats.* — L'identification des formules (I) et (II) donne les deux inconnues $\delta$ et $\varepsilon^2$, d'où l'on déduit $\varepsilon$ et $v = \varepsilon V$. Le vectenr $\vec{v}$ se trouve ainsi déterminé par ses trois coordonnées,

| $\mathcal{AR}$. | $\delta$. | $v$. | |
|---|---|---|---|
| $9^h$ | $-76°$ | 214 k/sec | (Esclangon) |
| $4^h 54^m$ | $-70° 11'$ | 208 » | (Miller) |

Les résultats concordent suffisamment, en raison de la petitesse des écarts mesurés, sauf pour $\mathcal{AR}$. Mais l'interféromètre de Michelson introduit, dans la déviation des franges, des causes d'erreurs mal connues qui rendent la détermination de $\mathcal{AR}$ incertaine. Au contraire, la méthode de M. Esclangon

ne présente aucune obscurité et semble déterminer Æ avec une exactitude satisfaisante. Par contre, grâce à sa méthode et à des calculs habiles, le professeur Miller a su isoler les deux composantes de la vitesse de la Terre, savoir la vitesse orbitale et la vitesse du Soleil, ce qui lui a donné de très bonnes déserminations de $\delta$ et $\varphi$ pour la vitesse du Soleil, tandis que les mesures de M. Esclangon laissent mêlées les deux composantes de la vitesse. Les résultats déduits ici de ses expériences représentent donc une vitesse moyenne de la Terre, sans qu'on puisse préciser la part de chacune de ces deux composantes.

Les expériences des deux savants font usage seulement d'objets terrestres, sans autre repère extérieur que la lumière procurée par ces objets terrestres. Ce fait leur assure une place importante dans l'histoire de la Science.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Polarisation des protubérances solaires.* Note de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les observations visuelles ou photographiques faites pendant les éclipses, soit avec le prisme à double image, soit avec le polariscope de Savart, ont montré, sur la couronne, de fortes polarisations tandis que les protubérances ne semblaient pas polarisées. Ces deux appareils ne permettent pas, il est vrai, de déceler des proportions de lumière polarisée inférieures à 1 pour 100; il était donc désirable de chercher à analyser la lumière des protubérances avec un dispositif plus sensible.

J'ai entrepris ce travail à l'Observatoire de Meudon, au mois d'août 1932.

*Dispositif expérimental.* — L'image des protubérances est formée par le coronographe de 13^cm d'ouverture (1) utilisé en 1931, au Pic du Midi, pour l'étude de la couronne. Un filtre spécial (2) très monochromatique placé à la suite du coronographe, isole la région de la raie $H_\alpha$ en laissant passer le tiers de la lumière de la raie. Il affaiblit considérablement la lumière diffusée par le ciel tel qu'il se présente à Meudon sans diminuer beaucoup celle des protubérances. L'ensemble est terminé par le polarimètre utilisé précédemment pour l'étude des planètes (3). Cet appareil, sensible à une proportion de lumière polarisée de 1 millième, est muni d'un oculaire

(1) *L'Astronomie*, juin 1932, p. 275.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 943.

(3) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1015; *Annales de l'Observatoire de Meudon*, 8, 1929, fasc. 1, p. 12.

grossissant 120 fois. Il permet ainsi d'observer environ 5 franges sur une protubérance de 30″ de hauteur et d'analyser sa polarisation dans de bonnes conditions.

Malgré le filtre, la lumière du ciel est souvent assez intense pour altérer la polarisation des protubérances. Cet inconvénient a été complètement évité en plaçant dans le polarimètre, entre le polariscope à franges et les lames compensatrices, une lame de quartz parallèle à l'axe, de $2^{mm}$ d'épaisseur, dont la section principale forme un angle de 45° avec le plan des franges. Grâce à la lame de quartz, les franges dues au spectre continu de la lumière du ciel disparaissent au centre du champ et viennent se former latéralement tandis que, vers le centre, les franges apparaissent seulement sur les protubérances et sont dues uniquement à la radiation monochromatique $H\alpha$. La lumière du ciel diminue leur visibilité mais elle n'introduit, dans les mesures, aucune erreur systématique. L'oculaire contient deux paires de fils rectangulaires qui délimitent, au centre du champ, un carré dans lequel les mesures doivent être faites. La hauteur de chaque protubérance est estimée directement en fonction de l'écartement des fils. Pour mesurer son angle de position, il suffit de placer un des fils à sa base, tangentiellement au bord solaire et de lire l'angle cherché sur le cercle de position du polarimètre.

*Résultats.* — Quatorze protubérances ont été étudiées depuis le 6 août 1932, entre les latitudes + 44° et — 42°. Toutes, sauf une, ont présenté des polarisations sensibles. Celles qui étaient voisines de l'équateur solaire avaient des proportions de lumière polarisée faibles, de 3 millièmes environ et un plan de polarisation sensiblement normal au bord du Soleil. Celles dont les latitudes étaient comprises entre 36° et 44° ont montré des polarisations plus fortes, de 5 à 12 millièmes. Leur plan de polarisation était généralement dévié par rapport à la normale au bord solaire, vers le Nord pour les protubérances boréales, vers le Sud pour les protubérances australes. Les déviations ont varié entre 0° et 22°. Au cours de trois observations, deux protubérances contiguës, de latitudes élevées, ont présenté des plans de polarisation très différents. Les protubérances denses avaient, en général, une proportion de lumière polarisée uniforme. Un nuage diffus a donné, au contraire, des valeurs très variables d'un point à l'autre.

Les résultats obtenus ne peuvent pas être de nature instrumentale car les angles d'incidence sur les lentilles du coronographe sont très faibles et ne produisent que des polarisations très inférieures au millième.

Ces observations ont été faites à une époque où l'activité solaire était

particulièrement faible et le nombre de cas étudiés est encore beaucoup trop restreint pour que l'on puisse en tirer des conclusions générales. Par contre, elles montrent l'efficacité d'une nouvelle méthode grâce à laquelle on pourra étudier les protubérances d'une manière plus complète et déterminer peut-être le mécanisme encore mal connu de l'émission de leur lumière.

Les mesures seront poursuivies prochainement à l'aide d'un nouveau coronographe de $20^{cm}$ d'ouverture dont la lentille, taillée par le Laboratoire d'optique de l'Observatoire de Paris, est excellente et donnera des images de protubérances plus lumineuses et plus riches en détails.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Sur une classe de composés tartriques.* Note de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

Il s'agit des combinaisons de l'acide tartrique ($TH^2$) avec quelques métaux (Me) qui voisinent dans la classification périodique, dans des conditions où leur valence électrolytique est égale à 2. Ce sont : Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Zn.

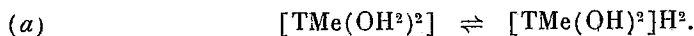
Les tartrates simples de ces métaux sont connus. Ce sont des composés bien cristallisés, peu solubles dans l'eau. Préparés par double décomposition entre un sel du métal et un tartrate alcalin, ils se déposent plus ou moins rapidement de la solution. La coloration, la grandeur du pouvoir rotatoire et du potentiel de Nernst, la faiblesse de la conductivité et de l'abaissement cryoscopique de ces sels en solution s'accordent à montrer qu'une partie au moins du métal n'est pas normalement ionisée. Les méthodes physicochimiques indiquent en solution la présence d'un complexe où il y a une molécule d'acide tartrique pour un atome du métal Me, comme dans le composé cristallisé. Tous ces composés solides contiennent $2^{mol}$ ou $2^{mol},5$ d'eau que l'on ne peut considérer comme de l'eau de cristallisation. J'admets donc que ces sels, simples en ce qu'ils ne sont formés que d'un métal uni à un acide, ne sont pas normaux, et j'écris leur formule : $[TMe(OH^2)^2]$. Cette formule est celle d'un non-électrolyte : on explique ainsi les anomalies de la conductivité, et pour une part celles de la cryoscopie. La liaison de Me et de T ne se fait pas par valences ionisables : cela rend compte des anomalies de la couleur et de la dispersion rotatoire (effet Cotton). En solution aqueuse, ces complexes subissent une dissociation croissante avec la dilution, et libèrent des ions $Me^{++}$.

Si l'on mélange un sel de $Me^{++}$ avec un excès de tartrate de sodium, on obtient une série de composés cristallisés $(C^4H^4O^6)^2MeNa^2$, que l'on doit considérer comme de vrais sels doubles : $C^4H^4O^6Me + C^4H^4O^6Na^2$.

C'est un fait bien connu et utilisé en analyse, que les hydroxydes des métaux Me et d'autres sont solubles dans une quantité suffisante d'alcalis en solution tartrique. La nature de ces solutions est encore discutée. Dans les cas étudiés ici, on a pu isoler des complexes d'un type unique.

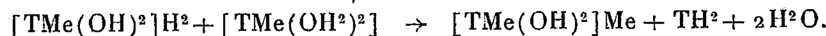
L'étude de ces solutions a été faite le plus souvent sur des mélanges à proportions variables de solutions équimoléculaires de $SO^4Me$ et de $TNa^2$. Pour Cr et Fe, il faut dissoudre le métal dans $SO^4H^2$ en évitant l'oxydation. En présence d'alcali d'ailleurs, l'oxydation, facile à éviter pour Co, devient difficile à empêcher pour Mn et surtout pour Fe; il a été impossible d'en préserver les solutions de Cr ([1]). Toutes les opérations doivent être faites dans une atmosphère d'hydrogène.

Les mélanges $TNa^2/SO^4Me = 1$ donnent des précipités pour des proportions de NaOH comprises entre $0^{mol},4$ et $1^{mol},7$ pour $1^{at}$ de Me. Pour Zn, le précipité lavé est ZnO pur. Les autres métaux forment des tartrates basiques : $TMn^2$ ([2]), $TFe^2$ et $T^2Fe^3$ ([3]), $TCo^2$. Pour Ni on a des précipités gélatineux, mal définis, pour lesquels on a trouvé un rapport T/Ni compris entre 1,2 et 1,7. Ces composés peuvent s'obtenir par digestion de $2^{mol}$ d'hydroxyde lavé dans $1^{mol}$ d'acide ([4]). La formation des composés $TMe^2$ par addition de soude s'interprète en admettant que les complexes $[TMe(OH^2)^2]$ formés en milieu acide (pH voisin de 5) subissent une hydrolyse



$$(a) \qquad [TMe(OH^2)^2] \rightleftharpoons [TMe(OH)^2]H^2.$$

L'acide ainsi formé se combinant à une seconde molécule du complexe donne



$$[TMe(OH)^2]H^2 + [TMe(OH^2)^2] \rightarrow [TMe(OH)^2]Me + TH^2 + 2H^2O.$$

L'addition d'une base favorise l'hydrolyse (*a*) et l'action de 1 équivalent de soude sur les solutions s'écrit



$$2[TMe(OH^2)^2] + 2NaOH \rightarrow [TMe(OH)^2]Me + TNa^2 + 2H^2O.$$

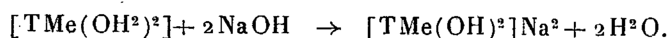
([1]) D'après Péligot (*Ann. Ch. et Phys.*, 3e série, 12, 1844, p. 547), l'hydroxyde chromeux décompose l'eau en s'oxydant.

([2]) M. Amadori, *Gazetta Chim. Ital.*, 61, 1931, p. 230.

([3]) W. Franke, *Annalen der Chemie*, 486, 1931, p. 242.

([4]) Le composé de Ni est alors bien défini et répond à la formule $TNi^2$.

Pour $2^{mol}$ de NaOH, les solutions assez concentrées sont toutes limpides, au moins pendant quelque temps. Les solutions contenant 0,5 at-g de Mn, Co, Fe, et $1^{mol}$ $TNa^2$ pour 1000 laissent déposer après quelques heures de petites aiguilles cristallines. Les solutions contenant 0,2 at-g de Ni et $1^{mol}$ $TNa^2$ pour 1000 forment presque immédiatement des gels transparents où se déposent lentement des cristaux. Les solutions contenant par litre 1 mol-g de TZn dans 2NaOH donnent par l'alcool un précipité d'abord amorphe, puis cristallin. L'analyse de tous ces cristaux montre qu'ils contiennent le métal lourd, le radical tartrique et le sodium dans le rapport 1 : 1 : 2 (1). Les composés de Zn et de Ni sont peu solubles dans l'eau; ceux de Mn, Fe, Co le sont plus. La concentration des ions du métal lourd est faible dans ces solutions; le métal entre dans un anion complexe. On doit donc considérer ces composés comme des métallotartrates alcalins. Leur formation se représente par l'équation



$$[TMe(OH^2)^2] + 2NaOH \rightarrow [TMe(OH)^2]Na^2 + 2H^2O.$$

Les composés de Cu et de Co, colorés, possèdent dans le visible un fort dichroïsme circulaire. Le composé vert de Ni a un effet Cotton assez faible dans le rouge. Le complexe de Zn est incolore et a une dispersion rotatoire normale. Les composés de Mn et de Fe, si on les prépare à l'abri *rigoureux* de l'oxydation, sont presque incolores : je n'ai pu déceler l'effet Cotton sur leurs solutions, dans le visible (2).

Les composés $[TMe(OH)^2]Na^2$ subissent d'ailleurs en solution aqueuse une hydrolyse que j'étudierai dans une prochaine Communication.

---

(1) Le composé de Mn a été découvert et étudié d'abord par M. Amadori (*loc. cit.*). Les autres n'avaient pas été obtenus jusqu'ici. Je rappelle que le complexe $TCuNa^2$ a été préparé par MM. Gabiano et de Mallemann (*Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 350) et que le composé $TCu^2$ a été décrit par M. Giuntini (*Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 778).

(2) Les solutions dichroïques rouges de Mn étudiées par Olmstead (*Phys. Rev.*, **35**, 1912, p. 45), préparées sans précautions, contiennent un composé manganique. La substance verte $T^2FeNa^3$, décrite par Franke (*loc. cit.*), ne paraît pas un composé bien défini et doit être oxydée.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Un nouveau type de radioactivité.*
Note de Mme **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré récemment par la méthode de Wilson (¹) que certains éléments légers (glucinium, bore, aluminium) émettent des électrons positifs quand on les bombarde avec des rayons α du polonium. Selon notre interprétation l'émission des électrons positifs de Be serait due à la *matérialisation interne* du rayonnement γ tandis que les électrons positifs émis par B et Al seraient des *électrons de transmutation* accompagnant l'émission des neutrons.

En cherchant à préciser le mécanisme de ces émissions nous avons découvert le phénomène suivant :

*L'émission des électrons positifs par certains éléments légers irradiés par les rayons α du polonium subsiste pendant des temps plus ou moins longs, pouvant atteindre plus d'une demi-heure dans le cas du bore, après l'enlèvement de la source de rayons α.*

Nous plaçons une feuille d'aluminium à 1mm d'une source de polonium. L'aluminium ayant été irradié pendant 10 minutes environ, nous le plaçons au-dessus d'un compteur de Geiger Müller portant un orifice fermé par un écran de 7/100e de millimètre d'aluminium. Nous observons que la feuille émet un rayonnement dont l'intensité décroît exponentiellement en fonction du temps avec une période de 3 minutes 15 secondes. On obtient un résultat analogue avec le bore et le magnésium mais les périodes de décroissance sont *différentes*, 14 minutes pour le bore et 2 minutes 30 secondes pour le magnésium.

L'intensité du rayonnement (immédiatement après l'exposition aux rayons α) augmente avec le temps d'irradiation jusqu'à une valeur limite. On a alors des intensités initiales du même ordre pour B, Mg, Al d'environ 150 impulsions par minute dans le compteur en utilisant une source de polonium de 60 millicuries.

Avec les éléments H, Li, C, Be, N, O, F, Na, Ca, Ni, Ag, aucun effet n'a été observé (²). Pour certain de ces éléments le phénomène ne se produit probablement pas, pour d'autres la période de décroissance est peut-être trop courte.

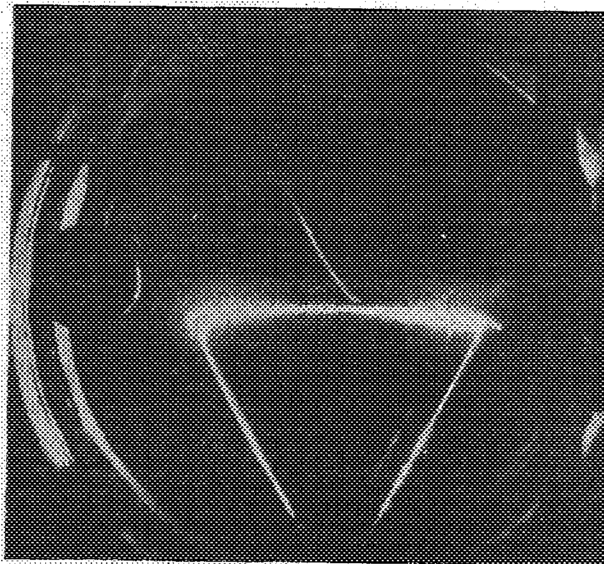
---

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1885; *J. de Phys. et Rad.*, 4, 1933, p. 494.

(²) Ce phénomène ne peut donc pas être dû à une contamination par la source de polonium.

Les expériences faites par la méthode de Wilson ou par la méthode de la trochoïde introduite par Thibaud ont montré que le rayonnement émis par le bore et par l'aluminium est constitué par des électrons positifs. Il est probable qu'il en est de même pour le rayonnement du magnésium.

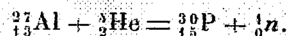
En introduisant des écrans de cuivre entre le compteur et la feuille irradiée on trouve que la majeure partie du rayonnement est absorbée dans



0,88 g/cm² pour Al, 0,26 g/cm² pour B et Mg, ce qui correspond, en admettant les mêmes lois d'absorption que pour les électrons négatifs, à une énergie de $2,2 \times 10^6\, eV$ pour Al et $0,7 \times 10^6\, eV$ pour B et Mg.

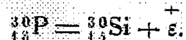
Lorsqu'on réduit l'énergie des rayons α irradiant l'aluminium, le nombre des électrons positifs diminue, mais la période de décroissance ne semble pas modifiée. Quand l'énergie des rayons α est réduite de $10^6\, eV$, on n'observe presque plus de ces électrons.

Ces expériences montrent l'existence d'un nouveau type de radioactivité avec émission d'électrons positifs. Nous pensons que le processus d'émission serait le suivant pour l'aluminium :



$$^{27}_{13}\mathrm{Al} + ^{4}_{2}\mathrm{He} = ^{30}_{15}\mathrm{P} + ^{1}_{0}n.$$

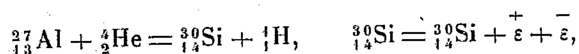
L'isotope $^{30}_{15}\mathrm{P}$ du phosphore serait radioactif avec une période de $3^{m}15^{s}$ et émettrait des électrons positifs suivant la réaction



$$^{30}_{15}\mathrm{P} = ^{30}_{14}\mathrm{Si} + \overset{+}{\varepsilon}.$$

Une réaction analogue pourrait être envisagée pour le bore et le magnésium, les noyaux instables étant $^{13}_{7}N$ et $^{27}_{14}Si$. Les isotopes $^{13}_{7}N$, $^{27}_{14}Si$, $^{30}_{15}P$ ne peuvent exister que des temps assez courts, c'est pourquoi on ne les observerait pas dans la nature.

Nous considérons comme peu vraisemblable l'explication suivant laquelle



$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He = ^{30}_{14}Si + ^{1}_{1}H, \qquad ^{30}_{14}Si = ^{30}_{14}Si + \overset{+}{\varepsilon} + \overset{-}{\varepsilon},$$

l'isotope $^{30}_{14}Si$ étant excité et pouvant se désactiver au cours du temps, l'énergie se matérialiserait en donnant une paire d'électrons. On n'observe pas d'émission d'électrons négatifs et il est théoriquement très improbable que la différence d'énergie entre les électrons soit suffisante pour que les négatifs ne soient pas observés ([1]). D'autre part ce processus supposerait une durée de l'état excité extraordinairement longue avec un coefficient de matérialisation interne unité.

En définitive il a été possible pour la première fois de créer à l'aide d'une cause extérieure la radioactivité de certains noyaux atomiques pouvant subsister un temps mesurable en l'absence de la cause excitatrice.

Des radioactivités durables, analogues à celles que nous avons observé, peuvent sans doute exister dans le cas de bombardement par d'autres particules. Un même atome radioactif pourrait sans doute être créé par plusieurs réactions nucléaires. Par exemple le noyau $^{13}_{7}N$ qui est radioactif selon notre hypothèse, pourrait être obtenu par l'action d'un deuton sur le carbone, après émission d'un neutron.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cinétique de la réaction iodure de potassium-eau oxygénée en solution acide*. Note de M^me^ **P. Rumpf**, présentée par M. G. Urbain.

L'eau oxygénée et l'iodure de potassium réagissent en solution acide en donnant naissance à de l'iode. La cinétique de cette réaction a été l'objet de nombreux travaux; les auteurs ont généralement dosé l'iode mis en liberté; plus récemment, Abel ([2]), puis Liebhafsky ([3]) ont mesuré le dégagement d'oxygène au fur et à mesure de la décomposition de l'eau oxygénée. Cependant la question reste obscure; il a semblé intéressant de l'aborder

---

([1]) Nedelsky et Oppenheimer, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 948.
([2]) *Zeit. phys. Chem.*, 96, 1920, p. 1-180, et 136, 1928, p. 161-182.
([3]) *J. amer. chem. Soc.*, 54, 1932, p. 1792-1806 et 3499-3508.

par une autre voie. En effet, en présence d'iodure et d'iode, il se forme l'ion $I^{3-}$ qui absorbe la lumière ultraviolette; on peut donc suivre la réaction par spectrographie.

Des essais préliminaires ont montré la nécessité d'opérer en solution tampon de pH compris entre 5 et 6 : on obtient ainsi un milieu reproductible et un domaine d'acidité où l'absorption de $I^{3-}$ est mesurable; le tampon de Cohn $PO^4KH^2$ — $PO^4K^2H$ convient à cette zone de pH. Nous avons opéré, au moyen d'un spectrographe de Hilger et d'un spectrophotomètre Lambert et Challonge, dans les régions d'absorption maximum (3510 Å et 2880 Å). Le remplissage des cuves en quartz du spectrographe se faisait au moyen d'une burette automatique contenant le mélange en réaction et plongée dans un thermostat à 25°.

Le début de l'expérience étant le moment où l'on verse l'eau oxygénée dans le mélange des phosphates contenant déjà l'iodure de potassium, les spectres (pose : 1 minute) ont été faits toutes les 5 minutes environ.

Quelles que soient les concentrations relatives de l'eau oxygénée et de l'iodure de potassium, la courbe représentant, en fonction du temps, la concentration de $I^{3-}$ (supposée proportionnelle à l'absorption $kc$) part de l'origine, est d'abord pratiquement confondue avec une droite, puis change peu à peu de courbure pour devenir asymptote à une horizontale.

Nous avons d'abord étudié l'influence de la force ionique $\mu$ du tampon; pour $\mu = 0,4$; $0,8$; $1,2$; $1,6$ à pH 5,6; sa variation ne modifie en rien la vitesse de réaction; les ions étrangers $PO^4K^{--}$ et $PO^4K^{2-}$ n'interviennent donc pas dans la cinétique. Il a été alors possible de suivre la variation de vitesse initiale, proportionnelle à la pente de la courbe :

1° *en fonction de la concentration en* IK *et* $H^2O^2$ : pour des concentrations égales de IK et $H^2O^2$ et variant de 0,004 à 0,008*n*, la vitesse est proportionnelle au cube de la concentration. Pour des concentrations plus faibles, la vitesse initiale est plus grande que ce qui correspond à cette relation, et le palier est plus rapidement atteint;

2° *en fonction du* pH : on a comparé les vitesses initiales de la réaction aux pH 5,6; 5,7; 5,8; 5,9 pour une concentration de IK et $H^2O^2$ égale à 0,006*n*; en portant la vitesse initiale en fonction de $c_{H^-}$, on obtient une droite ne passant pas par l'origine.

Les résultats de ces deux séries d'expériences se complètent pour montrer que dans la vitesse de formation de $I^{3-}$ interviennent deux réactions : l'une, prépondérante aux très faibles concentrations des corps réagissants, est indépendante de l'acidité; l'autre, importante aux concentrations élevées, fait intervenir deux molécules de IK pour une de $H^2O^2$, et deux ions $H^+$, soit

probablement :



$$2I^- + H^2O^2 + 2H^+ = I^2 + 2H^2O.$$

Enfin, nous avons étudié l'état final du système :

1. La méthode des variations continues [1] permet de constater que la réaction globale fait intervenir deux molécules de IK pour une de $H^2O^2$, conformément aux résultats obtenus par les auteurs déjà cités.

2. A concentration constante de $H^2O^2$ et IK(0,006*n*), la concentration finale en $I^{3-}$ est proportionnelle à — pH (entre pH = 5,25 et pH = 6,05). Ce résultat confirme le rôle actif joué par la concentration en ions $H^+$; lorsque celle-ci est faible, la réaction secondaire qui se produit est plus importante; on peut ainsi supposer la formation intermédiaire d'ions $IO^-$ par hydrolyse des ions $I^{3-}$; ces ions $IO^-$ sont détruits instantanément par $H^2O^2$; plus il y a d'ions $H^+$, moins il y a d'ions $IO^-$, et par suite plus la quantité d'eau oxygénée décomposée par ceux-ci est petite; il en résulte qu'une plus grande proportion de l'eau oxygénée, introduite en quantité limitée, pourra être utilisée à la libération d'iode à partir de $I^-$, iode qui réagira avec les ions $I^-$ en excès pour donner $I^{3-}$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action du champ électrique sur la diffusion stratifiée des carbonates alcalins au sein de la gélatine.* Note de M[lle] **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

L'application d'un champ électrique perturbe l'édification des anneaux de Liesegang, ainsi que l'a décrit Kisch [2]. Dans le champ, entre électrodes parallèles, les anneaux de Liesegang perdent leur symétrie et s'évanouissent partiellement. Les effets, qui affectent des aspects assez capricieux selon la valeur de la tension appliquée sont déjà manifestes sous un dixième de volt.

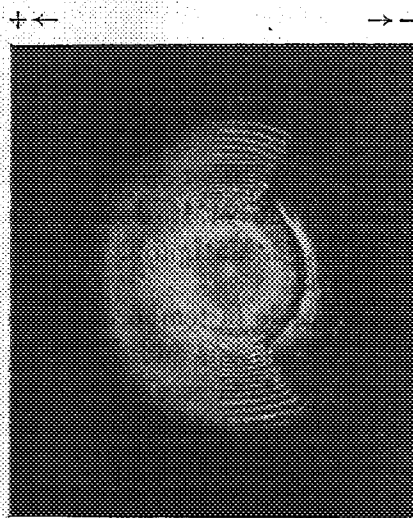
Du fait cependant des nombreux facteurs engagés dans la réaction de Liesegang, l'expérience de Kisch revêt une certaine complexité. Il était intéressant de chercher à contrôler et à simplifier les observations en considérant, au lieu de la rythmicité de précipitation du chromate d'argent, une rythmicité de diffusion à réactif unique. La présente recherche a eu

(1) P. Job, *Ann. Chim.*, 10e série, **9**, 1928, p. 113-203.
(2) *Koll. Z.*, **49**, 1929, p. 154.

précisément pour objet l'étude de l'action du champ électrique sur la diffusion des carbonates alcalins au sein de la gélatine [1], diffusion stratifiée à la manière des anneaux de Liesegang.

Un dispositif analogue à celui de Kisch a été adopté. La gélatine était étalée sur une plaque de verre entre feuilles métalliques parallèles, distantes d'une dizaine de centimètres. La goutte à diffuser était déposée dans la région médiane de l'intervalle, afin de réduire au minimum l'effet des déformations de la gélatine aux électrodes.

+← →−



Diffusion du carbonate de potassium dans le champ électrique (Tension appliquée : 0,1 volt).

La figure est relative à la diffusion du carbonate de potassium sous une tension d'un dixième de volt. Du côté anodique, il y a accumulation visible de matière, épaississement des anneaux en ensemble compact. En pénétrant dans la région cathodique, les anneaux, au contraire, s'effacent. L'arc qu'on voit subsister dans l'intervalle dégarni est une impression d'anneaux secondaires résiduels.

Comme les anneaux de Liesegang, les anneaux de diffusion des carbonates alcalins réagissent donc très nettement au champ électrique, et cela déjà pour la faible tension appliquée d'un dixième de volt. Les résultats sont demeurés qualitativement les mêmes pour des tensions croissant jusqu'à une dizaine de volts.

---

(1) Suzanne Veil, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 109.

Il est vraisemblable de présumer que les réactions propres de la gélatine au champ conditionnent, dans une large mesure, les phénomènes observés. Cependant l'électrolyte en œuvre semble encore individuellement intervenir, comme l'a confirmé la substitution aux carbonates alcalins, dans la même expérience, d'électrolytes à auréoles de diffusion d'autres types, tels que les oxalates alcalins et les sels solubles de plomb et de baryum. Si, en effet, dans le champ, ces électrolytes, eux aussi, diffusent dissymétriquement, du moins leurs dissymétries respectives empruntent-elles des caractères très divers; tous effets que ne sauraient d'ailleurs prévoir, notamment pour les faibles tensions reconnues efficaces, les conceptions classiques du comportement électrolytique en milieu aqueux.

CHIMIE MINÉRALE. — *La décomposition du bioxyde d'azote par les catalyseurs de platine.* Note [1] de MM. **Joseph Zawadzki** et **Georges Perliński**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons étudié l'influence de la température (entre 854 et 1055° C.), de la composition du gaz (avec ou sans addition d'oxygène) ainsi que celle des propriétés du catalyseur sur la vitesse de décomposition de NO sur des toiles de platine. Nous opérions par la méthode dynamique.

La conclusion de Bachmann et Taylor sur la nature bimoléculaire de la décomposition de NO au contact du platine [2] n'a pas été confirmée par nos expériences, du moins jusqu'à la température de 1055° C. Nous avons trouvé, par contre, que la vitesse de cette dissociation peut être exprimée fort exactement par l'équation des réactions monomoléculaires retardées par un des produits de la décomposition (l'oxygène). En rapport avec les propriétés de la toile catalysante, la marche de la réaction se laisse représenter, soit par la formule générale

$$\frac{dx}{dt} = K_1 \frac{a - x}{1 + bx} \tag{1}$$

[$a$, concentration initiale de NO (= 100); $x$, pour 100 de gaz décomposé; $t$, durée de contact; $K_1$ et $b$, constantes] ou bien par

$$\frac{dx}{dt} = K_2 \frac{a - x}{x}, \tag{2}$$

(1) Séance du 18 décembre 1933.
(2) *J. Phys. Chem.*, 33, 1929, p. 447.

quand le retardement par l'oxygène est très prononcé et que, par suite, la valeur de $bx$ devient assez grande pour pouvoir négliger l'unité dans l'expression $(1+bx)$. On a calculé $K_3$ en supposant une réaction bimoléculaire.

Chacun des exemples cités est extrait d'une autre série d'expériences.

TABLEAU I (955° C., toile I).

| $t\times 10^2$. | $x$. | $K_1$. | $K_3\times 10^2$. |
|---|---|---|---|
| 0,522 | 5,96 | 35,6 | 37,3 |
| 0,759 | 7,15 | 35,4 | 37,7 |
| 1,433 | 9,75 | 35,5 | 38,0 |
| 3,044 | 14,09 | 36,0 | 39,8 |
| 5,815 | 18,96 | 35,5 | 40,8 |

TABLEAU II (995° C., trois couches de toile I).

| $t\times 10^2$. | $x$. | $K_1$. | $K_3\times 10^2$. |
|---|---|---|---|
| 1,251 | 10,65 | 49,1 | 52,6 |
| 2,311 | 14,35 | 49,4 | 54,3 |
| 4,430 | 19,56 | 49,8 | 57,5 |
| 9,230 | 27,31 | 49,7 | 61,4 |

TABLEAU III (955° C., toile II).

| $t\times 10^2$. | $x$. | $K_1$. | $K_2(b=0,233)$. |
|---|---|---|---|
| 0,1541 | 5,89 | 105 | 61,6 |
| 0,2081 | 6,85 | 118 | 61,6 |
| 0,3833 | 10,18 | 146 | 61,9 |
| 0,7844 | 15,61 | 174 | 62,0 |
| 1,7030 | 23,71 | 197 | 61,6 |

Toute toile fraîche est peu active. Son activité augmente au cours de la réaction, très sensiblement au début, ensuite de plus en plus lentement.

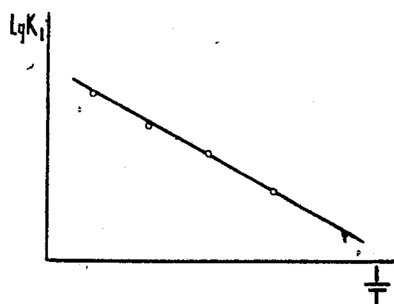
Des recherches sur le développement de l'activité des toiles, publiées antérieurement ([1]), il résulte que l'augmentation de leur activité dépend en premier lieu des modifications de leur structure, analogues à celles photographiées par Parsons ainsi que Zawadzki et Lichtenstein ([2]), et non seulement d'un dégagement éventuel des substances (gaz, graisse) absorbées. Lors de ces recherches, les premières expériences, sitôt après une certaine stabilisation de l'action de la toile, suivirent la formule (2), tandis que pour calculer la constante résultant des séries suivantes il

([1]) *Chim. et Ind.*, **4**, 1925, p. 575; *Roczniki Chemji*, 6, 1926, p. 826.

([2]) *Roczniki Chemji*, **11**, 1931, p. 158.

fallut avoir recours à la formule (1) et tenir compte du décroissement progressif de *b*, tendant vers une valeur invariable.

Les résultats figurant aux tableaux I et III représentent des cas extrêmes typiques, parmi lesquels varient les résultats du reste de toutes nos expériences. On voit donc que la réaction est monomoléculaire et fortement retardée par l'oxygène. Suivant la structure du catalyseur, ce retard peut être tellement grand que l'on peut calculer la vitesse de la décomposition de NO d'après la formule (2), ou bien le retard étant plus faible, il y




Valeurs moyennes de $K_1$ pour différentes durées de contact à la température de 955°.

a lieu d'appliquer l'équation (1). Il s'ensuit que le rapport des forces, qui régissent l'adsorption de NO et de $O^2$ sur la surface de la toile de platine, peut varier avec la modification de la structure de cette surface.

Variant la température mise en jeu nous pûmes calculer la chaleur apparente d'activation de la réaction. Les résultats varient de 22000 à $25000^{cal}$ suivant le catalyseur employé. La figure représente ces résultats pour la série d'expériences dont sont extraites les données du tableau I.

En examinant l'influence retardatrice de l'oxygène ajouté au bioxyde d'azote avant d'entrer en contact avec le catalyseur, nous avons trouvé que son action est moins forte que celle de l'oxygène formé par décomposition de NO. Nous n'observions que 0,48-0,56 de l'effet que l'on pouvait attendre en présence de l'oxygène formé pendant la réaction [1].

---

(1) Voir aussi G. M. Schwab et C. Éberlé, *Zeit. phys. Chem.*, 19. 1932, p. 102.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'oxydation des solutions d'iodoforme.* Note de MM. RENÉ DUBRISAY et GUY EMSCHWILLER, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré (¹) que l'oxydation de l'iodoforme dans divers solvants pouvait être provoquée par addition d'iode et de certains acides. Cette constatation nous a permis d'expliquer un phénomène déjà signalé : la continuation dans l'obscurité des oxydations commencées sous l'action de la lumière. En outre, l'influence de la nature du solvant comme aussi l'observation de certains retards dans le déclenchement des phénomènes nous avaient conduits à attribuer une influence considérable aux impuretés qui, même à l'état de traces, peuvent être contenues dans les solvants.

Nous avons repris ces recherches en partant des benzines les plus pures du commerce, destinées à l'analyse ou à la cryoscopie, et en les traitant suivant une méthode indiquée par M. Mignonac et M^lle^ Louisette Schwartz (²). Cette méthode consiste à chauffer le liquide à reflux pendant plusieurs heures en présence de poudre de cuivre électrolytique, et ensuite à distiller. Nous avons d'ailleurs indifféremment substitué au cuivre d'autres poudres, telles que la silice et le kieselguhr. Nous avons constaté que, dans les benzines ainsi traitées, l'oxydation de l'iodoforme se produisait à froid et dans l'obscurité, sans addition d'iode ni d'acide. Cette réaction, apparemment spontanée, évolue plus lentement que celles que nous avons étudiées antérieurement; elle se ralentit avec le temps, le taux de décomposition semblant à peu près indépendant de la concentration en iodoforme :

TABLEAU I.

| Temps en heures. | Taux de décomposition à la température de 10°. | | |
|---|---|---|---|
| | Solution à 1 %. | Solution à 4 %. | Solution à 10 %. |
| 79 | 3,2 % | 5,0 % | 4,0 % |
| 158 | 5,5 | 5,4 | 5,6 |
| 294 | 6,8 | 6,1 | 6,5 |

Il est à noter, toutefois, qu'aux faibles concentrations se manifeste un

(¹) RENÉ DUBRISAY et GUY EMSCHWILLER, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 660.
(²) *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 203, et M^lle^ L. SCHWARTZ, *Thèse, Strasbourg*, 1930.

retard au déclenchement de la réaction, retard qui diminue rapidement quand la concentration augmente. A la concentration de 10 pour 100 d'iodoforme, le départ est immédiat, et nous avons même pu parfois observer à cette concentration-là une oxydation spontanée sans traitement des benzines suivant la méthode de Mignonac.

Nous avons supposé que ces retards aux faibles concentrations pouvaient être attribués à une purification imparfaite du solvant. Effectivement, en dissolvant de l'iodoforme au taux de 1 pour 100 dans une série de mélanges contenant des proportions variables de benzine traitée et de benzine non traitée, nous avons observé les résultats suivants :

Tableau II.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Taux de benzine traitée (%)........ | 100 | 90 | 80 | 50 |
| Taux de benzine non traitée (%).... | 0 | 10 | 20 | 50 |
| Retard (température 12°).......... | 30 m. | 2 h. | 6 j. | > 1 mois |

Ces retards diminuent quand la température s'élève; d'ailleurs Schuyten ([1]), Schoorl et Van den Berg ([2]) avaient constaté déjà l'oxydation par chauffage de solutions d'iodoforme dans l'obscurité:

Aux benzines purifiées, nous avons ajouté des quantités connues de certaines impuretés. A la température de 10° et à la concentration en iodoforme de 1 pour 100, l'oxydation est empêchée par l'addition de 1 millionième des corps suivants : phénol, hydroquinone, aniline, pyrrol; la vanilline et le carbazol ont la même action au taux du cent-millième; la pyridine, l'azobenzène et la coniférine au taux du dix-millième. A cette même concentration du dix-millième, le thiophène n'agit pas. Pour les solutions à 10 pour 100 d'iodoforme, l'oxydation est encore arrêtée par 1 millionième d'hydroquinone ou d'aniline, 1 cent-millième de carbazol, mais ne l'est plus par 1 cent-millième de phénol ou de pyrrol. Il est à noter que le résidu d'extraction du liège par la benzine exerce une action marquée et s'oppose à la dose du millionième à l'oxydation des solutions à 1 pour 100 d'iodoforme. Enfin l'eau peut exercer une légère action retardatrice.

L'activité de doses aussi faibles rend évidemment difficile la définition des impuretés actives dans les benzines du commerce ainsi que la manipulation des produits purifiés.

Nous avons vérifié qu'il suffisait de retraiter suivant la méthode de

([1]) *Bull. Acad. roy. Belgique*, 38, 1900, p. 625.
([2]) *Pharmaceutisch Weekblad*, 43, 1906, p. 8.

Mignonac les benzines purifiées auxquelles nous avions ajouté des impuretés pour y retrouver l'oxydation de l'iodoforme.

La même méthode nous a permis d'obtenir des toluènes dans lesquels l'iodoforme s'oxyde dans l'obscurité, même sans addition d'iode ni d'acide. Dans ce cas, le phénomène est toutefois peu marqué, en raison sans doute du moindre degré de pureté du solvant.

Nous avons obtenu des résultats du même ordre dans le cas de l'oxydation des solutions benzéniques de tétraiodure de carbone; mais les accélérateurs ou les retardateurs de la réaction ne sont pas toujours les mêmes que pour l'iodoforme, et l'influence des solvants est également différente.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le lusitanicoside.* Note de M. **H. Hérissey.**

En collaboration avec M. J. Laforest, j'ai exposé le mode d'extraction et quelques propriétés d'un hétéroside, inconnu avant nos recherches, qui existe dans les rameaux feuillus de Laurier de Portugal, *Cerasus lusitanica* Lois., et auquel nous avons donné le nom de *lusitanicoside* [1]. En vue de déterminer la constitution chimique de ce composé, j'ai poursuivi l'étude de ses produits de dédoublement et, plus particulièrement, de ceux résultant de son hydrolyse par les acides.

*Hydrolyse du lusitanicoside par l'acide sulfurique dilué.* — Le lusitanicoside, traité par l'acide sulfurique dilué à $2^g,50$ pour $100^{cm^3}$, pendant 3 heures, à la température de l'ébullition, donne un mélange de sucres de pouvoir rotatoire global $[\alpha]_D = +31°,8$, valeur correspondant sensiblement à celle que fournirait un mélange équimoléculaire de *glucose d* et de *rhamnose*. Ces deux sucres ont d'ailleurs été isolés à l'état pur et cristallisés et identifiés par un certain nombre de leurs propriétés caractéristiques, en particulier par leur pouvoir rotatoire :

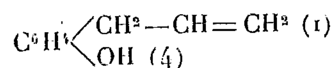
Trouvé pour le glucose-*d* provenant du lusitanicoside : $[\alpha]_D = +51°,4$ (avec mutarotation positive); pour le rhamnose hydraté : $[\alpha]_D = +8°,78$ (avec mutarotation négative).

L'*aglycone* liquide, qui accompagne les sucres dans la molécule du lusitanicoside, donne un dérivé benzoylé cristallisé et un dérivé méthylé liquide, identifiable avec l'estragol.

---

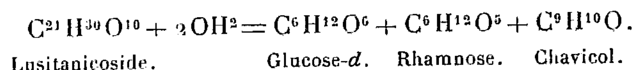
[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1095; *Bull. Soc. Chim. biol.*, 15, 1933, p. 350.

L'analyse élémentaire de l'aglycone, celles de ses dérivés benzoylé et méthylé et l'ensemble de diverses propriétés de ces composés nous conduisent à identifier l'aglycone au *chavicol* ou *p*-allylphénol,



$$C^6H^4\begin{cases} CH^2-CH=CH^2 \ (1) \\ OH \ (4) \end{cases}$$

*Constitution du lusitanicoside.* — Le dédoublement du lusitanicoside par les acides peut donc s'écrire :



$$\underset{\text{Lusitanicoside.}}{C^{21}H^{30}O^{10}} + 2OH^2 = \underset{\text{Glucose-}d.}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{Rhamnose.}}{C^6H^{12}O^5} + \underset{\text{Chavicol.}}{C^9H^{10}O}.$$

La formule $C^{21}H^{30}O^{10}$, proposée pour le lusitanicoside, est confirmée par l'analyse élémentaire, la détermination du poids moléculaire, le dosage du sucre total formé dans l'hydrolyse acide [1].

La liaison de l'aglycone (chavicol) du lusitanicoside avec la partie sucrée de la molécule se fait indiscutablement par la fonction phénol, puisque l'hétéroside ne se colore pas par le perchlorure de fer. Il reste à déterminer quel est le sucre, rhamnose ou glucose, qui participe à cette liaison.

D'autre part, le mode de dédoublement du lusitanicoside par voie diastasique doit faire admettre que les deux oses sont unis pour former un holoside. Or, un holoside hydrolysable en rhamnose et glucose a déjà été isolé du rutoside par Charaux [2], par voie biochimique; c'est le rutinose. De nouvelles recherches sont nécessaires pour résoudre la question de savoir si le biose du lusitanicoside, qu'on pourrait appeler provisoirement *lusitanicose,* doit être considéré comme un principe différent du rutinose ou doit être identifié à ce dernier sucre.

Les résultats du présent travail incitent à penser qu'il sera peut-être possible de déceler le lusitanicoside ou un hétéroside analogue dans certaines plantes fournissant à la distillation des essences qui renferment du chavicol.

---

(1) Toutes les données numériques qui ne peuvent trouver place dans cette Note seront exposées dans un autre Recueil.

(2) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 6, 1924, p. 631.

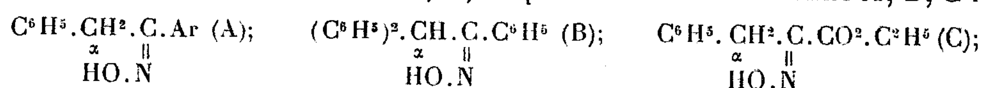
CHIMIE ORGANIQUE. — *Couleur et structure d'oximes aromatiques.* Note [1] de Mme **Ramart-Lucas**, présentée par M. G. Urbain.

L'étude des spectres d'absorption des oximes aromatiques, dont la forme absorbante ne peut avoir comme fonction que le groupe$=C=N.OH$, m'a permis de mettre en évidence l'analogie qui existe entre l'absorption d'une telle oxime et celle du dérivé éthylénique obtenu en remplaçant le groupe $=N.OH$ par le groupe $=CH^2$ ou $=CH.CH^3$. La petite différence d'absorption entre une oxime et le dérivé éthylénique de même structure consiste généralement dans un faible déplacement des bandes et dans une variation peu importante des coefficients d'absorption.

Je vais exposer ici comment la connaissance de cette analogie m'a permis de déterminer la structure de la forme absorbante des oximes qui correspondent aux cétones : $Ar.CO.CH^2.C^6H^5$(I), ($Ar=C^6H^5, C^6H^4.O.CH^3$), $(C^6H^5)^2.CH.CO.C^6H^5$(II), $C^6H^5.CH^2.CO.CO^2C^2H^5$(III), $Ar.CO.CH^2.R$(IV). ($R=H, CH^3, C^2H^5, \ldots$; $Ar=C^6H^5, CH^3.O.C^6H^4, CH^2O^2C^6H^3$).

Toutes ces substances peuvent avoir la fonction oxime et posséder le groupe $=C=N.OH$, soit encore la forme tautomère hydroxylamine éthylénique $-CH=\overset{|}{C}.NHOH$.

1° Si les oximes des cétones I, II, III possèdent la forme oxime A, B, C :



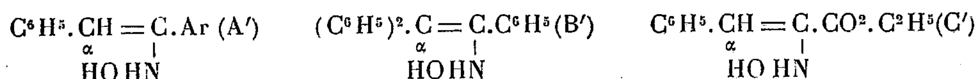

les groupes $C^6H^5$ qui se trouvent fixés sur le carbone α, et qui, par suite, ne sont pas liés directement au groupe $>C=N.OH$ n'exerceront qu'une influence faible sur le reste de la molécule et n'introduiront sensiblement que ce que j'ai appelé leur « couleur limite » (on sait que la position de la bande d'absorption située le plus près du visible est la même pour tous les composés $C^6H^5.CH^2.R$ ($R=C^6H^5, CN, COOH, CONH^2, CH=CH^2, \ldots$).

En sorte que les spectres de ces oximes doivent être semblables respectivement à celui d'un mélange équimoléculaire de toluène et d'oximes $\genfrac{}{}{0pt}{}{Ar}{CH^3}{>}C=N.OH$ pour A, de diphénylméthane et d'acétophénone-oxime pour B, enfin de toluène et d'oxime de pyruvate d'éthyle pour C, ou bien

(1) Séance du 18 décembre 1933.

encore, puisque le spectre d'une oxime est semblable à celui du derivé éthylénique de même structure, les absorptions des oximes A et B doivent être assez voisines respectivement de celles d'un mélange de toluène et de $\begin{matrix} Ar \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>C = CH^2$ pour A; de $(C^6H^5)^2CH^2$ et d'$\alpha$-méthylstyrolène pour B.

2° Si ces substances ont la forme hydroxylamine éthylénique A′, B′, C′ :




les absorptions de A et de A′, de B et de B′, de C et de C′ doivent être très différentes. En effet les groupes phényles qui, lorsqu'ils sont liés aux carbones $\alpha$ dans les oximes A, B, C, modifient peu l'absorption de ces oximes, sont fixés directement sur un groupe éthylénique dans les formes A′, B′, C′. D'après cela, alors que les formes A et B s'apparentent aux dérivés du styrolène, les formes A′ et B′ correspondent à des dérivés du stilbène, et la forme C′ à l'$\alpha$-méthylcinnamate d'éthyle.

Il en résulte que les bandes d'absorption des corps A′, B′, C′ doivent se trouver beaucoup plus près du visible et posséder des coefficients d'absorption bien plus élevés que leurs isomères respectifs A, B, C.

Voyons maintenant ce que donne l'expérience : si l'on compare les courbes d'absorption de la désoxybenzoine oxime (*fig.* 1), avec d'une part celles de l'$\alpha$-méthylstyrolène et de l'$\alpha$-méthylstilbène, on constate que la courbe de l'$\alpha$-méthylstyrolène est très semblable à celle de l'oxime. Par contre, il existe une telle différence entre le spectre de l'oxime et celui de l'$\alpha$-méthylstilbène que l'on ne peut admettre une parenté de structure entre ces deux produits.

Il en est de même pour la *p*-méthoxydésoxybenzoine oxime (*fig.* 2) dont la courbe d'absorption se montre très voisine de celle de l'anisyl-2-propène-1, alors qu'elle est très différente de celle de l'anisyl-2-phényl-1-propène. Il en est encore de même pour la diphénylacétophénone oxime pour laquelle l'absorption s'apparente à celle de l'acétophénone oxime (dont les coefficients d'absorption sont même plus élevés que ceux de la diphénylacétophénone oxime, ce qui indique que les solutions de ce dernier composé contient en équilibre les deux formes « transparente » et « absorbante »), alors qu'elle est très différente de celle du 1.1.2-triphénylpropène. Et, de même encore, l'examen des courbes de l'oxime du phénylpyruvate d'éthyle (*fig.* 3), de l'oxime du pyruvate d'éthyle et

d'autre part, de l'α-méthylcinnamate d'éthyle montre que l'oxime du phénylpyruvate d'éthyle ne peut avoir que la forme oxime. Enfin j'ai obtenu des résultats semblables pour toutes les oximes correspondant aux cétones Ar.CO.CH²R.

*En résumé :* les mesures des absorptions prouvent que la forme « absorbante » de toutes les oximes étudiées contient le groupe C=N.OH, et que si la forme tautomère hydroxylamine éthylénique est présente dans les solutions de ces substances ce ne peut être qu'à l'état de traces.

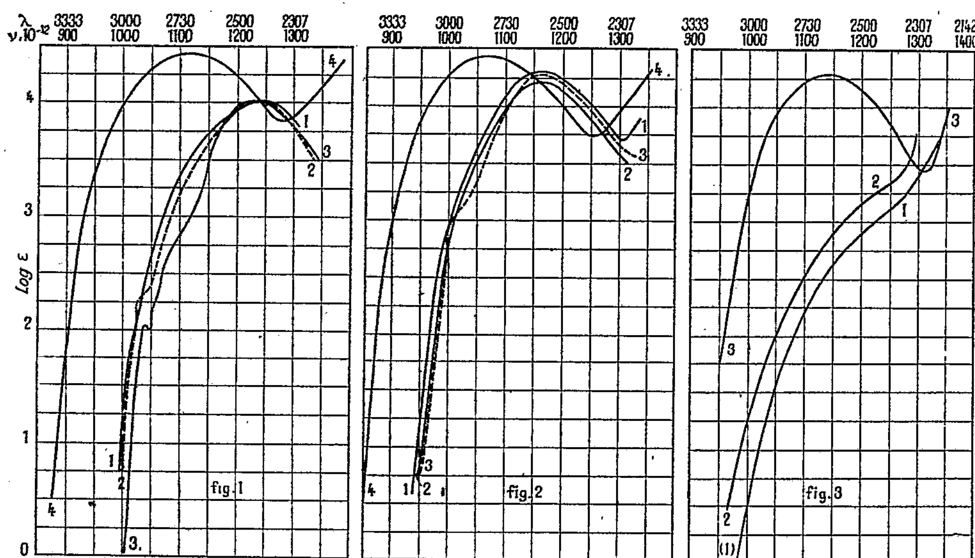



Fig. 1. — (1) Oxime de la désoxybenzoïne; (2) acétophénone-oxime; (3) α-méthylstyrolène; (4) diphényl-1.2-propène.

Fig. 2. — (1) Oxime de la *p*-méthoxydésonybenzoïne; (2) oxime de la *p*-méthonyacétophénone; (3) anisyl-2-propène; (4) phényl-1-anisyl-2-propène.

Fig. 3. — (1) Oxime du pyruvate d'éthyle; (2) oxime du phénylpyruvate d'éthyle; (3) α-méthylcinnamate d'éthyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution électrochimique au problème de la constitution des sels de triarylméthyle.* Note de M. **P. Rumpf**, présentée par M. G. Urbain.

Il semble difficile d'admettre avec A. Burawoy [1] que seules les propriétés optiques puissent décider de la constitution des sels et des cations de triarylméthyle.

---

[1] *Ber. d. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 1646.

*a.* Par la méthode de titrage électrométrique décrite dans une Note précédente (¹), j'ai successivement mesuré, en solutions hydro-alcooliques (²), les deux valeurs, $pKH_1$ et $pKH_2$, du pH correspondant à la demi-saturation par un acide fort, de la première puis de la seconde fonction basique de quelques diamines aromatiques symétriques. L'expérience a montré que les logarithmes des rapports des constantes de dissociation, représentés, à température et à produit ionique de l'eau constants, par $pKH_1 - pKH_2$, subissent régulièrement l'influence de la constitution de la molécule et en particulier celle de l'écartement des deux fonctions amines.

Aniline : 4,6 (5). Paraphénylène diamine M/125 : 6,2 (5) et 2,9. Métaphénylène diamine M/10 : 5,2 (5) et 2,5. Benzidine M/125 : 4,7 (5) et 3,4. P.*p'*-diamino diphénylméthane M/125 : 5,1 et 4,0. P.*p'*-diamino-triphénylméthane M/100 : 4,7 et 3,6 (5). Les valeurs plus faibles que 3 n'indiquent qu'une limite supérieure, car les courbes de titrages n'ont pas présenté d'inflexions nettes aux points correspondants. Toutes les mesures seront reprises en solution plus concentrée et dans des mélanges de solvants appropriés en cours d'étude.

On voit que la présence d'une charge positive sur un groupement $—NH^{3+}$, situé en para, réduit au dixième environ la constante de dissociation de la fonction amine, fixée en para' sur un deuxième noyau du di- ou du triphénylméthane. C'est ce que confirme l'exemple de la triamine leucofuchsine (pKH 4,9; 3,8 et 2,8). Au contraire pour le *p.p'*-diamino-triphényl-*carbinol* $pKH_1$ est environ 5,8 et $pKH_2$ inférieur à 2,8; des différences du même ordre de grandeur s'observent pour tous les carbinols dont les sels sont des colorants et pour les diamines où les deux fonctions sont fixées sur un même noyau benzénique.

Tous ces faits ne paraissent guère conciliables avec l'écartement des groupements basiques exigé par la théorie quinonique et par toutes celles qui placent sur un des azotes la charge positive des cations de triarylméthyle. Ils s'expliquent au contraire immédiatement si, conformément aux conceptions générales de G. Urbain (³), on admet avec W. Dilthey l'existence d'un ion triarylcarbonium coloré, ion monovalent du carbone tricoordonné, dans lequel, par rapport aux fonctions amines, la charge, due à la perte d'un électron par le carbone central, occupe une position para.

---

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 686.

(²) M. Mizutani, *Z. ph. Ch.*, 118, 1925, p. 318. Voir aussi N. F. Hall et M. R. Sprinkle, *J. am. chem. Soc.*, 54, 1932, p. 3469.

(³) *Journ. de Ch. phys.*, 30, 1933, p. 309.

De plus, pour les carbinols mono-, di-, et triaminés, le rapport, d'un terme au suivant, des premières constantes de dissociation, décroissant lorsque le pKH augmente, est vers pKH 5, comme pour l'aniline et la paradiamine, plus de vingt fois supérieur à la valeur trouvée dans le cas des leucobases où les deux fonctions qui s'influencent sont portées par des noyaux différents. Cette action est beaucoup moins marquée pour la métadiamine; de même Baeyer a découvert que seuls les dérivés para polyaminés du triphénylcarbinol fournissent des colorants, ce qui reviendrait à dire que c'est seulement en para que la « basicité induite » est suffisamment nette pour que le carbone devienne plus basique qu'une fonction amine ($pKH > 4,6 + \varepsilon$).

*b*. Conformément à ce que la loi du déplacement de l'équilibre permettait de prévoir pour des bases oxhydrilées, les pKH des colorants varient considérablement avec le produit ionique de l'eau dans la solution alcoolique.

Au contraire, les différences observées pour les leucos et pour les autres amines non subtitués à l'azote, sont le plus souvent nettement plus faibles encore que dans le cas de l'aniline étudié par Mizutani à l'aide d'une électrode à hydrogène. Le mécanisme d'ionisation serait ainsi simplement $R.NH^2 + H^+ \rightarrow R.NH^{3+}$.

*c*. Les colorants ne sont donc pas des composés polybasiques symétriques : il y a compétition entre la basicité du carbone central et celle des fonctions amines.

Une fois le sel de carbonium coloré obtenu, la salification des fonctions amines n'a plus lieu qu'en milieu très acide; la réciproque résulte du fait que la concentration du même ion dissymétrique bivalent doit obéir aux équilibres régissant les deux mécanismes. Au contraire, on a vu que pour les leucobases, la formation d'un sel d'amine agit beaucoup moins sur les fonctions amines suivantes. Comme tendent à le prouver des expériences directes sur les dérivés monoaminés, l'apparition d'un oxhydrile sur le carbone tertiaire en para modifie peu le pKH propre de la fonction amine; le fait précédent subsiste donc. Pour le dérivé monoaminé du triphénylcarbinol, c'est la fonction amine qui l'emporte encore, et le rapport du cation coloré au cation incolore est faible tant que le produit ionique de l'eau dans le milieu reste voisin de $10^{-14}$.

Dans ces conditions, un simple calcul d'équilibre entre ions montre immédiatement que, pour une gamme d'acidités convenable, le rapport du pourcentage de carbinol primitif passé à l'état de sel de polyamine incolore au pourcentage de sel carbonium coloré doit augmenter comme la puissance $(n-1)$ de la concentration en ions $H^+$, $n$ étant le nombre de groupements aminés le plus souvent égal à deux, dont la salification diminue la basicité du carbone central au point de rendre négligeable pour les pH considérés la proportion d'ion polyvalent dissymétrique correspondant. Il est en effet facile de constater, en portant les colorants dans des tampons de plus en plus acides, que (le plus souvent entre pH 0,5 et 3) une décoloration précède l'apparition

des sels jaunes mixtes, à la fois sels d'amine et sels de carbonium. C'est A. Hantzsch qui le premier a isolé en 1900, pour le violet cristallisé, le tribromhydrate incolore et hydraté dont on aurait pu ainsi prévoir l'existence.

Cette interprétation se prête à des recoupements quantitatifs. Elle permet de rendre compte des particularités de la décoloration par l'acide sulfureux, des réactions de Schiff et de Denigès-Guareschi, en un mot de toute la chimie des ions de triarylméthyle. La « base imine » a des propriétés d'ion positif-négatif (zwitterion).

L'hypothèse d'un faible pourcentage de cation quinonique ou quinoïde conjugué en équilibre avec le cation carbonium, qui seul pourrait être mis en évidence par des moyens physico-chimiques, se heurte à la valeur particulièrement élevée des coefficients d'absorption des sels de triarylméthyle. Elle exige des transpositions complexes ne mettant en jeu aucun échange décelable d'énergie. Il ne paraît point encore exister de théorie physique de l'absorption par les composés organiques, susceptible de vérifications numériques dans des cas concrets aussi complexes; l'interprétation des seules propriétés optiques présente donc une part d'arbitraire, et celle-ci doit permettre de rejeter toute explication qui ne réponde qu'à des habitudes de pensée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dosage de l'acide pyruvique.* Note de M. G. **Carpeniseanu**, présentée par M. G. Urbain.

Parmi les multiples méthodes de dosage de l'acide pyruvique la plus simple, rapide et spécifique, est la méthode colorimétrique indiquée par Simon (1), basée sur la coloration verdâtre qui apparaît dans les solutions très diluées d'acide pyruvique quand on y ajoute de l'acide acétique, du nitroprussiate de sodium et de l'ammoniaque (2). Simon indique comme limite de sensibilité d'abord 1/10000e, puis, avec Piaux (3), dans un Mémoire plus récent, seulement 1/5000e en acide pyruvique. Dans le second Mémoire (3) les auteurs rendent la méthode quantitative à 5 pour 100 en valeur relative et procèdent par comparaison avec une liqueur « type » à 3 ou 4 pour 1000 d'acide pyruvique, après attente de 1 heure et demie. Ils indiquent que la limite d'application, avec le colorimètre Dubosq et la lumière du bec Auer, est de 1/500e pour les solutions diluées.

Des essais préliminaires ont montré : que les quantités de réactifs

(1) Simon, *Comptes rendus*, 125, 1897, p. 534.

(2) Pour des solutions un peu concentrées en ac. pyruvique (de l'ordre de 0,5 g/l et plus) la couleur évolue jusqu'au bleu et, après 24 heures, devient rouge. Pour les solutions diluées, seules envisagées ici, on n'observe jamais du rouge après 24 heures, mais une teinte uniforme due au nitroprussiate et ceci naturellement même en absence d'ac. pyruvique.

(3) Simon et Piaux, *Bull. Soc. Ch. Biol.*, 6, 1924, p. 477.

employées étaient inutilement trop grandes, — que la solution « type » de comparaison était beaucoup trop concentrée; — qu'*une seule* solution de comparaison était largement insuffisante. Nous avons pu, en modifiant la technique et sans colorimètre, rendre la méthode dix fois plus sensible c'est-à-dire : 1° déceler 1/50000e d'acide pyruvique; 2° doser 1/5000e d'acide pyruvique, à 5 pour 100 en valeur relative.

Cette technique s'inspire des deux observations suivantes :

*a.* Les dosages colorimétriques sont les plus exacts quand les liqueurs « type » et à « doser » que l'on compare, contiennent, autant que possible, la même quantité de corps à doser.

*b.* L'œil est extrêmement sensible aux *différences* de teintes *faibles*.

Il s'ensuit que : 1° il faut avoir une large « échelle de types » pour faire les comparaisons le plus exactement possible; 2° les liqueurs doivent être fortement diluées afin de donner des teintes *claires*.

*Mode opératoire.* — En dehors des réactifs connus (1) on doit disposer : 1° d'une solution à 0,25 g/l de pyruvate de sodium (= sol. P) soit 0,2 g/l ac. pyruvique ($1^{cm^3} = 0^g,0002$ ac. pyruvique) (2); 2° de 5 burettes divisées en $0^{cm^3},05$ (pour les solutions d'ac. acétique, de nitroprussiate, d'ammoniaque, pyruvate et eau distillée); 3° d'une trentaine de tubes à essais (de $25^{cm^3}$ environ) parfaitement calibrés et autant que possible sans stries.

On prépare alors la série de « types » suivante :

I. Témoin : $1^{cm^3}$ eau distillée; II. $0^{cm^3},95$ eau + $0^{cm^3},05$ sol. P ($1^{cm^3} = 0^g,00001$ ac. pyruvique); III. $0^{cm^3},9$ eau + $0^{cm^3},1$ sol. P; ...; XXI. $1^{cm^3}$ sol. P = $0^g,0002$ ac. pyruvique; XXII et suivants, à $1^{cm^3}$ des solutions à doser.

Ajouter dans *tous* les tubes d'abord $0^{cm^3},25$ ac. acétique, puis $0^{cm^3},5$ nitroprussiate, enfin $0^{cm^3},75$ sol. ammoniacale (3). Attendre, avant l'observation, de 30 à 60 minutes pour les tubes plus concentrés, de 1 heure à 1 heure et demie pour les autres. Prendre alors dans une main *au moins* 4 tubes, les tenir légèrement inclinés *côte à côte* sur une grande feuille de papier blanc et regarder par transparence, soit à la lumière du jour, soit à une lumière artificielle (4). En permutant les tubes de place s'arranger pour avoir une intensité croissante ou décroissante *régulièrement* d'un tube à l'autre et ainsi de suite.

---

(1) Solutions : *a*, ac. acétique (40 pour 100 acide cristallisable + 60 pour 100 eau, en volumes); *b*, nitroprussiate de sodium (à 1 pour 100) fraîchement préparée; *c*, ammoniaque (22° B. + eau, volumes égaux).

(2) Cette solution étant très diluée se conserve bien (Simon et Piaux, *loc. cit.*).

(3) Ces quantités paraissent être les plus favorables. Simon (*loc. cit.*) indique des quantités au moins deux fois plus grandes.

(4) Les résultats ne varient pas avec l'éclairage pourvu que celui-ci soit suffisamment intense.

Les sensibilités limites indiquées correspondent dans ces conditions à la différenciation possible des tubes (I) et (III) : 1/50000e ac. pyruvique, et (XX) et (XXI) : dosage à 5 pour 100 en valeur relative de 1/5000e ac. pyruvique.

Il est probable qu'en regardant pour la première fois plusieurs tubes voisins ou même pris « un sur deux », on ne pourra pas les distinguer. Cependant avec peu d'exercice, en prenant à la rigueur pour le début 4 tubes plus éloignés l'un de l'autre, on arrive facilement à pouvoir apprécier les sensibilités indiquées.

En plaçant convenablement les tubes à doser dans l'échelle des types, on déduit de suite les teneurs en ac. pyruvique.

Les solutions plus concentrées (0,3 g/l. ac. pyruvique et plus) doivent être préalablement diluées convenablement; pour des solutions contenant déjà 0,4 g/l. ac. pyruvique, la comparaison des tubes (XX) et (XXI) est presque impossible car les teintes sont trop fortes et foncent trop rapidement.

Le remplissage des tubes ne demande pas beaucoup de temps, car il se fait en série.

Pour bien réussir le dosage il paraît essentiel d'avoir des solutions de pyruvate bien propre, — des solutions à doser parfaitement incolores avant l'addition du nitroprussiate, — des tubes à essais bien calibrés, de grand diamètre et sans stries, — enfin un peu d'habitude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'influence du groupe phényle sur la réaction du chlorure de thionyle avec les alcools aliphatiques primaires.* Note de MM. **P. Carré** et **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

Lorsqu'on met en présence des proportions équimoléculaires de chlorure de thionyle et d'un alcool aliphatique primaire, pendant un temps suffisant, à la température ordinaire, il se forme un chlorosulfite d'alcoyle ([1]), avec un excellent rendement, suivant la réaction



$$R.CH^2OH + SOCl^2 = R.CH^2OSOCl + ClH.$$

Si l'on effectue la même réaction avec l'alcool benzylique, celui-ci est transformé quantitativement en chlorure de benzyle, selon



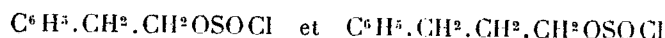
$$C^6H^5.CH^2OH + SOCl^2 = C^6H^5.CH^2Cl + SO^2 + ClH.$$

([1]) P. Carré et D. Libermann, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 1051.

Cette différence est due à la présence du groupe phényle. Elle ne provient pas d'une décomposition du chlorosulfite de benzyle, car la transformation de l'alcool benzylique en chlorure, par le chlorure de thionyle, se produit à une température bien inférieure (à $T < -10^\circ$) à la température de décomposition du chlorosulfite de benzyle (89°) préparé par une autre méthode (1).

Nous nous sommes proposé de rechercher quelle serait l'influence de l'éloignement des groupes $C^6H^5$ et $CH^2OH$ sur les deux réactions ci-dessus, en étudiant l'action du chlorure de thionyle sur les alcools phényléthylique et phénylpropylique.

Lorsqu'on ajoute $1^{mol}$ d'alcool phényléthylique ou alcool phénylpropylique à $1^{mol},1$ de chlorure de thionyle, sans dépasser la température ordinaire, puisqu'on l'abandonne 24 heures au repos, il se forme, avec un rendement de 90 pour 100 environ du rendement théorique, les chlorosulfites correspondants

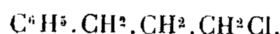

$C^6H^5.CH^2.CH^2OSOCl$ et $C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2OSOCl$

avec une petite quantité des chlorures


$C^6H^5.CH^2.CH^2Cl$ et $C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2Cl$.

Si le temps de contact est insuffisant, on obtient un mélange de chlorosulfite et de sulfite neutre $SO(OR^2)$; si l'on prolonge le contact, le sulfite neutre est transformé peu à peu en chlorosulfite par le chlorure de thionyle.

Ces chlorosulfites de phényléthyle et de phénylpropyle ne peuvent être distillés dans le vide sans décomposition. Le chlorosulfite de phényléthyle se décompose à 87° en gaz sulfureux et chlorure de phényléthyle $C^6H^5.CH^2.CH^2Cl$, ce qui est en accord avec les observations de Palfray, Sabetay et Sontag (2). Le chlorosulfite de phénylpropyle se décompose à 90° en gaz sulfureux et chlorure de phénylpropyle


$C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2Cl$.

L'existence de ces chlorosulfites, qui résulte de leur décomposition par la chaleur, a été encore démontrée : 1° par hydrolyse qui régénère l'alcool correspondant; 2° par leur réaction sur un alcool, en présence d'une molécule de pyridine, ce qui donne un sulfite mixte d'alcoyles, par exemple, le *sulfite mixte de n-butyle et de phénylpropyle* $SO(OC^4H^9)(O.CH^2.CH^2.C^6H^5)$, liquide distillant à 191-193° sous $24^{mm}$.

Si l'on effectue la réaction précédente en présence de la pyridine, le sens de la réaction n'est pas modifié; la pyridine accélère la formation du sulfite neutre et la rend à peu près instantanée, en outre, elle abaisse la température de décomposition du chlorosulfite de 20° environ dans ce cas. Lorsqu'on ajoute peu à peu le chlorure de thionyle à la solution de l'alcool phénylpropylique dans la pyridine, il se forme

(1) *Ibid.*, p. 1060.
(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1392.

d'abord, après addition de 1/2 molécule de chlorure de thionyle pour 1 molécule d'alcool, du *sulfite neutre de phénylpropyle*, $SO(OCH^2.CH^2.CH^2.C^6H^5)^2$, liquide distillant à 248-254° sous 11$^{mm}$; si l'on ajoute encore du chlorure de thionyle, celui-ci transforme peu à peu le sulfite neutre en chlorosulfite. Le sulfite neutre de phénylpropyle, chauffé sous la pression ordinaire, se décompose vers 310° en gaz sulfureux, allylbenzène et alcool phénylpropylique; la pyridine abaisse la température de décomposition du sulfite neutre de 100° environ. Cette décomposition du sulfite neutre de phénylpropyle explique la formation de l'allylbenzène observée par Mme Ramart et Amagat [1] en distillant, sous la pression ordinaire, les produits de la réaction du chlorure de thionyle, à froid, sur l'alcool phénylpropylique dans la pyridine.

En résumé les alcools phényléthylique et phénylpropylique se comportent, vis-à-vis du chlorure de thionyle, comme les alcools de la série grasse; ils sont transformés en chlorosulfites correspondants avec d'excellents rendements, il ne se forme, à froid, qu'une faible quantité de chlorure d'alcoyle. La réaction de chloruration observée dans le cas de l'alcool benzylique ne se produit sensiblement plus pour ses homologues phénylaliphatiques primaires. L'influence du groupe phényle sur la réaction ne se fait plus sentir dès que les groupes $C^6H^5$ et $CH^2OH$ sont séparés par au moins un groupe $CH^2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la caractérisation des doubles liaisons par le trichlorure d'antimoine.* Note de MM. **R. Delaby, S. Sabetay** et **M. Janot**, présentée par M. A. Béhal.

Le trichlorure d'antimoine a été maintes fois proposé pour déceler certains composés (vitamine A par Carr et Price, alcaloïdes par Rosenthaler, stérols, etc.) ou même certains groupes tels que des terpènes (Riban, 1875), des composés hétérocycliques (Levine et Richman), les carotinoïdes (Von Euler et Karrer). L'un de nous [2] a montré qu'il s'agissait en vérité d'une réaction de la liaison éthylénique et parfois même de la liaison acétylénique. Cette Note résume de nouvelles observations sur la composition du réactif, sa sensibilité et les nombreuses applications récentes que nous en avons faites.

I. On prépare commodément le réactif en saturant de trichlorure d'anti-

(1) *Comptes rendus*, 188, 1932, p. 638; *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 122.
(2) S. Sabetay, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 557.

moine du chloroforme, de préférence anhydre, à la température ordinaire, ce qui correspond à 21-22$^g$ de $Cl^3Sb$ pour 100$^g$ de solution.

Le chloroforme est préférable à l'acétone : à concentrations égales, les composés non saturés réagissent moins rapidement et moins intensément avec le réactif acétonique qui présente en outre l'inconvénient de se colorer à la longue par formation vraisemblable de produits de condensation de l'acétone.

Le *trichlorure d'arsenic* en solution chloroformique réagit aussi sur les composés non saturés, mais sa sensibilité est moindre que celle de $Cl^3Sb$; il en est de même du *tribromure d'antimoine* dont la solubilité est inférieure à celle du trichlorure. Le *pentachlorure d'antimoine* est inutilisable pour le but proposé; sa solution chloroformique est jaunâtre et sa spécificité est nulle : réaction positive avec certains corps saturés (alcool benzylique et phényléthylique, dihydrocitronellol). On remarquera enfin que le *nitrate mercureux* préconisé par Zappi pour caractériser les formes énoliques est également un réactif de la double liaison en général.

II. Le réactif, utilisé à raison de 1$^{cm^3}$ pour une goutte ou quelques centigrammes de composé non saturé, se colore très diversement et plus ou moins rapidement; deux teintes très différentes se succèdent parfois et l'on constate un notable dégagement de chaleur : ce phénomène est particulièrement net avee le vinyl-*p*-méthoxyphénylcarbinol (rouge puis vert). L'accroissement du nombre de doubles liaisons se manifeste en général par le passage aux teintes bleues ou violettes; cependant des composés à une seule double liaison extracyclique les produisent (alcool cinnamique). La sensibilité varie avec la substance; elle semble augmenter lorsque le nombre de doubles liaisons croît : ainsi pour le sclarène $C^{20}H^{32}$, carbure biterpénique à trois doubles liaisons, cette sensibilité est supérieure à 1/1200$^e$ en poids et permet d'envisager un dosage colorimétrique. La réaction est applicable à la caractérisation des doubles liaisons dans les sesquiterpènes, alcools sesquiterpéniques et essences qui en contiennent, se colorant en bleu violet par le brome chloroformique. Nous signalons enfin de nouvelles exceptions : réaction négative avec l'éthylène, l'acétylène, les nitriles éthyléniques $\beta\gamma$, la coumarine; réaction positive avec la phloroglucine et la phénanthrènequinone.

Dans les essais suivants, l'indication d'une seule teinte correspond à une réaction immédiate; lorsque deux couleurs se succèdent, la seconde est celle observée après 9 heures; un zéro désigne une réaction négative.

*Carbures :* amylène et caprylène (jaune); squalène et sclarène (rouge violacé); stilbène et styrolène (O); isoprène, limonène, β-phellandrène, α et β-santalènes (rouge orangé). Benzène, naphtalène, anthracène, phénanthrène, *p*-cymène, acénaphtène (O).

*Dérivés halogénés :* bromures d'alcoyles (O); bromure d'allyle (O); bromures de β-alcoylallyle $R.CH = CH - CH^2Br$, où $R = C^2H^5$ (rouge), $n.C^3H^7$ (jaune) $n.C^4H^9$ (rouge).

*Alcools. Primaires :* allylique et β-éthylallylique (O, puis rouge bichromate), cinnamique (lilas). *Secondaires :* vinylalcoylcarbinols $CH^2 = CH - CHOH - R$, où $R = C^2H^5$, $n.C^3H^7$, $n.C^4H^9$, $iso.C^4H^9$. $n.C^7H^{15}$, $sec.C^8H^{17}$, $n.C^9H^{19}$ (O, puis rouge bichromate); vinylarylcarbinols où $R = C^6H^5$ (groseille), $C^6H^4.CH^3$ *o.* et *p.* (brun), $C^6H^4.OCH^3$ *p.* (rouge, puis vert); vinylaralcoylcarbinols où $R = C^6H^5(CH^2)^{2 \text{ ou } 3}$ (O, puis rouge bichromate); vinylcyclohexylcarbinol (O, puis rouge bichromate); propénylalcoylcarbinols, $CH^3 - CH = CH - CHOH - R$, où $R = CH^3$, $C^2H^5$, $n.C^3H^7$ (rouge bichromate); ergostérol (grenat); zymostérol (violet). *Tertiaires :* sclaréol (orangé).

*Aldéhydes :* β-isobutyl et β-heptylacryliques (jaune).

*Cétones :* Méthylhepténone (rouge), cyclohexanone (O).

*Acides :* $R - CH = CH - CH^2 - CO^2H$, où $R = C^2H^5$, $n.\ C^3H^7$, $n.\ C^4H^9$, $n.\ C^5H^{11}$, $n.\ C^7H^{15}$ (O, puis jaune faible). γ-*lactones saturées* correspondantes (O).

*Enols :* acétylacétate et malonate d'éthyle (O).

*Nitriles :* $R - CH = CH - CH^2 - CN$, où $R = C^2H^5$ et $n.\ C^3H^7$ (O), $n.\ C^4H^9$ (jaune faible).

*Phénols :* phloroglucine (jaune faible). *Allylphénols et dérivés :* estragol et eugénol (bordeaux), acétyleugénol (jaune), safrol (vert); dihydroeugénol et dihydrosafrol (O). *Isoallylphénols et dérivés :* anéthol (orangé), isoeugénol, méthylisoeugénol, isosafrol (framboise).

*Quinones : p.* benzo, tolu et anthraquinone (O), phénanthrènequinone (rouge rubis).

*Glucosides :* coniféroside (lilas), digitoxoside (rose).

*Alcaloïdes :* quinine (rose), quinidine, cinchonine, cinchonidine (jaune), colchicine (jaune rouge); strychnine, brucine, morphine, codéine, narcotine, narcéine, papavérine, atropine, hyoscyamine, boldine, émétine (O).

*Triple liaison :* phénylacétylène (vert olive), phénylpropiolate de méthyle (O).

## GÉOLOGIE. — *Le Permien des environs de Bidarray (Basses-Pyrénées).* Note de M. Lamare.

Le Permien n'a pas été mentionné sur les feuilles de Bayonne et de Saint-Jean-Pied-de-Port, quoiqu'il joue un rôle important dans le massif de la Rhune et les montagnes voisines. P. Viennot, après avoir tout d'abord confondu le Permien avec le Trias, découvrit, à la Rhune, des basaltes associés à des schistes rouges recouvrant le Stéphanien à plantes et suppor-

tant le poudingue rouge quartzeux de la base du grès bigarré (¹). J'ai pu, de mon côté, reconnaître l'existence dans les Pyrénées navarraises, d'une série permienne plus complète que celle qu'avait observée Viennot à la Rhune : les basaltes, associés à des schistes rouges, argilites et grès friables, sont localisés dans la moitié supérieure de la série permienne, qui peut atteindre parfois plus de $200^m$ de puissance. La moitié inférieure comprend des poudingues polygéniques où prédominent les éléments calcaires alternant avec des grès grossiers et des argilites.

Les coulées basaltiques s'observent en des points très divers (²), dans la partie centrale et la partie orientale du massif des Cinco Villas. Le Permien existe aussi, toujours à l'état d'affleurements sporadiques, dans le massif du Quinto Real, mais là, paraît, jusqu'à plus ample informé, ne pas contenir de basalte.

Au sud-ouest de Bidarray, dans la vallée d'un affluent de la Nive qui prend naissance en territoire espagnol, le Permien acquiert un développement exceptionnel. La vallée en question, qui porte en France le nom de Baztan (³), résulte de la jonction de deux torrents importants, l'Aritzacun et l'Urrizate, qui encadrent le massif du Gorramendi. Dans ce massif, les assises sédimentaires présentent une allure presque tabulaire. Les grès triasiques, horizontaux ou faiblement inclinés, constituent le sommet du Gorramendi et, sur la frontière franco-espagnole, le pic d'Iparla. Les vallées, dont le thalweg est à $900^m$ en contre-bas des crêtes, n'atteignent pas le Primaire dans la zone frontière. Il résulte de ceci que si l'ensemble en question appartenait au Trias inférieur, comme le veut la feuille de Saint-Jean-Pied-de-Port, c'est une puissance totale de plus de $1000^m$ qu'il faudrait attribuer à l'horizon des Grès bigarrés.

Dans cet ensemble, le poudingue quartzeux caractéristique de la base du Trias se trouve aux environs de la cote 400, alors que le thalweg est au-dessous de la cote 200. Sous ce poudingue, on observe, à la frontière même, une couche peu épaisse de basalte spilitique associé à des argilites : plus bas affleurent des poudingues, offrant la nature ainsi que la teinte

---

(¹) P. Viennot, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 4 février 1929, p. 29-31.

(²) J'ai découvert récemment des coulées basaltiques importantes dans le massif du Mendarve, près de Santesteban. Les basaltes, associés aux argilites et autres roches permiennes, reposent en discordance sur les schistes carbonifères.

(³) Ne pas confondre avec le Baztan espagnol, qui n'est autre que la Haute-Bidassoa.

caractéristique [1] des poudingues permiens, et alternant avec des argilites et des grès friables.

Il existe donc, dans les massifs de l'Arsamendi, du Gorramendi et du pic d'Iparla, une série permienne bien développée. Cette constatation appelle, en ce qui concerne la partie française de la feuille de Saint-Jean-Pied-de-Port, d'importantes révisions.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un météore observé au Maroc.* Note [2] de M. **Paul Bouvier**.

Je me trouvais, le 19 octobre vers $19^h 10^m$, à environ $32^{km}$ au sud-sud-ouest de Casablanca, lorsque apparut dans le ciel qui était très clair, à environ 30° au-dessus de l'horizon dans la direction Nord-Est, une masse lumineuse vert pâle, très brillante, à contours bien marqués, sensiblement plus haute que large et dont le diamètre moyen pouvait atteindre 1/6 de celui de la Lune. Sa couleur m'a paru être identique à celle de rayon vert, que j'ai pu observer une fois.

Cette masse se dirigeait rapidement vers l'Ouest suivant une ligne sensiblement rectiligne, allant en s'abaissant suivant un angle d'environ 10° et en laissant dans son sillage une traînée de très grosses étincelles dorées bien alignées et assez espacées.

Après un parcours d'une trentaine de degrés, une première explosion se produisit avec gerbes d'étincelles dorées en toutes directions, puis, environ 30° plus loin, la masse n'ayant pas changé d'aspect mais paraissant se rapprocher, une seconde explosion beaucoup plus importante éclaira toute la campagne et coïncida avec la disparition complète du phénomène. Celui-ci peut avoir duré en tout de 1 à 2 secondes et m'a laissé une impression rappelant un peu celle d'une très grosse fusée.

PALÉONTOLOGIE. — *Les insectes fossiles de Célas (Gard).* Note [2] de M. **N. Théobald**, présentée par M. Ch. Jacob.

En 1883, lors de la construction du chemin de fer d'Uzès à Saint-Julien-de-Cassagnac, on a récolté, au Sud de Célas (cote 252), de nombreux

(1) Rouge orangé ou vermillon, et non rouge foncé ou brun violacé comme le poudingue triasique.

(2) Séance du 8 janvier 1934.

insectes et des restes de plantes fossiles, ceux-ci déjà décrits par L. Laurent. Mais les insectes n'ont pas été étudiés jusqu'à présent.

Au Musée d'Histoire naturelle de Marseille, à l'Institut de Géologie de Lyon et à l'Institut de Zoologie de Nancy, j'en ai examiné 167 échantillons. 62 sont indéterminables. Le reste se répartit de la façon suivante :

Les Odonates sont représentés par 7 échantillons appartenant à la famille des Agrionidæ : *Lestes* n. sp.

Aux Orthoptères appartiennent 7 échantillons, répartis en 5 espèces comme suit : Locustidæ : *Locusta* sp., *Lithymnetes* n. sp. (1); Gryllidæ : *Gryllus* n. sp.; Acrydiidæ : *Œdipoda* n. sp., *Acrydium* n. sp.

Les Coléoptères (13 échantillons) appartiennent aux familles suivantes : Carabidæ : *Calosoma* n. sp., *Harpalus Oustaleti* Meuniér (2); Dytiscidæ : une élytre; Curculionidæ : *Phytonomus* n. sp., *Apion* (3 espèces nouvelles).

Les Hyménoptères (12 échantillons) sont représentés par 8 espèces dont 7 nouvelles, réparties comme suit : Tenthredinidæ : *Tenthredinites bifasciata* Meunier (3); *Tenthredo* n. sp.; Ichneumonidæ :*Acoenitus* n. sp., *Ichneumon* n. sp.; Formicidæ : *Ponera* n. sp. et le genre *Formica* (2 espèces nouvelles); Vespidæ : *Vespa* n. sp.

Il faut ranger parmi les Lépidoptères une empreinte de papillon. Les nervures des ailes sont indéchiffrables. Je rapproche cette empreinte du genre *Deilephila* de la famille des Sphingidæ.

Les Diptères (59 échantillons) appartiennent presque tous aux Nématocères : Mycetophilidæ : *Sciara* n. sp.; Bibionidiæ : *Bibio* (4 espèces nouvelles), *Penthetria* (11 espèces nouvelles); Tipulidæ : *Tipula* (3 espèces dont 2 nouvelles).

Aux Hémiptères enfin appartiennent 3 espèces nouvelles.

Les Diptères dominent nettement à Célas, tant par le nombre des individus que des espèces. Une plaque de $10^{cm^2}$ porte les restes d'une centaine d'individus du genre *Bibio*.

L'abondance des Bibionides permet de rapprocher cette faune de celle, à peu prés contemporaine, des marnes en plaquette du Sannoisien du Haut-Rhin. Mais ce dernier gisement est beaucoup plus riche en Hyménoptères et en Hémiptères. Par contre les Orthoptères et les Odonates y sont relativement moins abondants. Les différences, résidant dans la représentation proportionnelle des familles, s'expliquent facilement par les changements de climat entre les deux régions envisagées.

---

(1) Jusqu'ici on ne connaissait de ce genre que *Lithymnetes guttatus* Scudder, du Miocène de Florissant (Colorado).

(2) F. MEUNIER (*Verh. Kon. Ak. v. Wet. Amsterdam*, 2e section, 18, 1915, p. 5, fig. 3), espèce signalée par erreur comme provenant d'Aix.

(3) F. MEUNIER, *loc. cit.*, p. 11, fig. 10, cite à tort cet insecte comme provenant d'Aix-en-Provence. Il vint aussi de Célas.

D'après la répartition des fossiles dans les principales familles d'insectes, le gisement de Célas se rapproche davantage de celui d'Aix dont l'âge est plus récent. Le climat a dû être sensiblement le même aux époques de dépôt des deux formations, d'ailleurs chronologiquement fort rapprochées. Mais aucune des formes de Célas n'est identique à celles d'Aix.

Jusqu'ici, du reste, aucune des espèces de Célas n'a pu être identifiée avec des espèces déjà connues ailleurs.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur l'action biologique des métaux à distance*. Note de M. **G. A. Nadson** et **C. A. Stern**, présentée par M. Molliard.

Nous avons montré [1] que des disques en métal pouvaient agir à distance (1 à 2$^{mm}$) sur les microbes (bactéries, levures) sans se trouver en contact direct avec la culture. Sous l'influence des métaux, certains de ces microbes périssent, d'autres s'affaiblissent ou subissent une modification de leurs propriétés.

L'action des métaux est d'autant plus intense que le numéro atomique du métal est plus élevé.

En conservant, quant au fond, la même méthode, nous changeâmes l'objet de nos recherches ultérieures : nous adoptâmes pour celles-ci des graines de moutarde blanche (*Siuapis alba*) gonflées et commençant à germer, ayant une racine de 1 à 2$^{mm}$ au plus. L'expérience fut montée de la manière suivante.

Au fond d'une boîte de Pétri (10$^{cm}$) on place une feuille de papier buvard humide; sur ce papier on pose, au milieu une petite boîte de Pétri (5$^{cm}$) renversée; sur cette dernière on met également un papier buvard humide sur lequel on dispose 5 graines en train de germer. Un disque en métal (de 5$^{cm}$ de diamètre) est fixé à l'intérieur du couvercle de la grande boîte de Pétri, au centre. Lorsque la boîte est recouverte du couvercle, le disque se trouve exactement en face des graines, à une distance de 2 à 3$^{mm}$ de celles-ci, sans jamais avoir le moindre contact avec ces graines pendant toute la durée de l'expérience. Au fond de la grande boîte de Pétri, autour de la petite, on place des graines, destinées à servir de témoin supplémentaire. Au bout de 3 jours on enlève le couvercle portant le métal, on mesure les plantules et on les place sur un papier buvard humide frais pour continuer à observer leur développement. Toute l'expérience a lieu dans l'obscurité à la $t^{re}$ de chambre ordinaire. En ce qui concerne les métaux, voici ceux que nous avons employés pour cette série d'expériences :

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, et 2229, et *Centrbl. f. Bakter.*, II, 88, 1933.

Al (0,55), Pt (0,03), Au (0,03), Pb (0,02), Pb (0,06). Nous indiquons entre parenthèses l'épaisseur des disques en millimètres. Le témoin était un disque en papier (carton) de $5^{cm}$ de diamètre et de $0^{mm},8$ d'épaisseur. On le mettait à la place du disque de métal en face des graines à la même distance, soit à $2\text{-}3^{mm}$.

Nous exécutâmes en tout 19 séries d'expériences [1], qui donnèrent des résultats concordants et confirmèrent entièrement les conclusions principales de nos expériences antérieures; les métaux, agissant à distance (à $2\text{-}3^{mm}$), retardent la germination des graines et le développement des plantules, et ceci en proportion directe de la hauteur du numéro atomique du métal. Comme illustration, nous ne donnons que les chiffres relatifs à deux expériences; ces chiffres indiquent la longueur moyenne des plantules en millimètres après une action des métaux de 3 jours :

| | Témoin (carton). | Al. | Pt. | Au. | Pb (0,02). | Pb (0,6). |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I.... | 27,2 | 22,4 | 15,6 | 10,6 | 8,4 | 6,4 |
| II... | 37,4 | 35,0 | 17,8 | 14,2 | 13,0 | 7,6 |

Par conséquent, selon l'intensité de l'influence déprimante, les métaux se rangent dans l'ordre suivant : Pb > Au > Pt > Al.

D'après les chiffres ci-dessus, on s'aperçoit également que l'action du disque de plomb plus épais ($0^{mm},6$) est plus considérable que celle du disque moins épais ($0^{mm},02$).

Les plantes soumises aux expériences témoignent clairement du retard apporté à la germination par l'influence de différents métaux pendant une durée de 3 jours. Certaines plantules ayant subi l'influence du plomb, restent naines ou gardent des altérations pathologiques. Le développement de la racine est plus fortement déprimé que celui de l'hypocotyle; la racine forme en ce cas moins de poils radicaux et devient parfois difforme. Nous constatâmes également que le disque de plomb retarde non seulement le développement des graines disposées en face de lui, mais que la « sphère de son influence » (voir nos travaux antérieurs) s'étend même un peu au delà des limites du disque en dépassant celles-ci d'environ $1^{cm}$ (pour détails et dessins voir *C. R. Acad. des Sc. de l'U. R. S. S.*, A, 1934).

En éloignant les disques métalliques des graines à différentes distances, nous cherchions à constater quelque trace de l'influence excitante (stimulante) des métaux sur la croissance, nous ne sommes, cependant, pas par-

---

(1) M^lle Roukhelman nous a aidés au montage des trois premières expériences d'orientation.

venus jusqu'à présent à obtenir des résultats tout à fait clairs et déterminés. En 1933, lorsque nos expériences eurent été terminées et publiées, nous apprîmes que M. Rivera avait déjà publié en 1930 les résultats de ses travaux qui établissaient que les rayons secondaires issus du plomb exerçaient une influence stimulante sur la croissance de diverses plantes. Le plomb se trouvait dans ces expériences à une distance considérable des plantes.

PHARMACODYNAMIE. — *Action neuro-musculaire des amides et des sels ammoniacaux.* Note (¹) de M. **R. Bonnet**, présentée par M. L. Lapicque.

De nombreuses recherches ont été faites en vue d'étudier la toxicité de certains composés azotés, en particulier des amides, de l'urée et des sels ammoniacaux. Ces recherches semblent indiquer que ces corps, introduits dans l'intimité d'un organisme total, provoquent des crampes tétaniques et dans certains cas, une disparition des réflexes chez les animaux expérimentés.

Ces substances doivent donc posséder une action neuro-musculaire, mais cette action ne ressort pas nettement des travaux anciens.

En ce qui concerne plus particulièrement l'urée, en dehors des recherches précédentes, Merklen et Gounelle (²), comparant l'action narcotique des dérivés barbituriques à la somnolence morbide observée chez les néphritiques au cours de la rétention azotée, concluent « que l'urée peut être la cause directe de cette somnolence ». Ce qui semble indiquer une action nerveuse de l'urée, concomitante peut-être à une action neuro-musculaire.

Devant ces faits, nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible de séparer dans cette action la part qui agit sur le nerf et celle qui touche le tissu musculaire.

Pour cela, nous nous sommes adressé à un certain nombre d'amides : acétamide, urée, oxamide, succinamide et aux sels d'ammonium correspondants : acétate, carbonate, oxalte, succinate, que nous avons fait agir, non pas sur un organisme total, mais sur un système neuro-musculaire isolé (sciatique-gastrocnémien de Grenouille).

La technique expérimentale consiste à déterminer la chronaxie en

(¹) Séance du 8 janvier 1934.

(²) Pr. Merklen et H. Gounelle, *Bull. Ac. Méd.*, 106, 1931, p. 384.

fonction du temps de séjour de la préparation dans le liquide de Ringer contenant en solution le corps dont on recherche l'action.

La totalité de nos résultats expérimentaux sera donnée dans un prochain Mémoire. Nous nous bornons à rapporter ici le sens de nos observations.

| | Concentration | | Facteur par lequel se trouve multipliée la chronaxie quand l'inexc. totale du système est atteinte. | |
|---|---|---|---|---|
| Substance employée. | moléculaire. | en g de N pour 100. | Nerf. | Muscle. |
| Acétamide | M/2 | 0,7 | 1 | 4 |
| Urée | M/4 | 0,7 | 1 | 4 |
| Oxamide | M/4* | 0,7 | 1 | 2-3 |
| Succinamide | M/4* | 0,7 | 1 | 3 |
| Acétate d'ammonium | M/2 | 0,7 | 2 | 4-5 |
| Carbonate d'ammonium | M/4 | 0,7 | 2 | 4 |
| Oxalate d'ammonium | M/4 | 0,7 | 2 | 4-5 |
| Succinate d'ammonium | M/4 | 0,7 | 2 | 4 |

Les concentrations en oxamide et succinamide indiquées sont supérieures aux limites de solubilité de ces corps. Nous avons affaire ici à une suspension dans le liquide de Ringer.

L'examen de nos résultats permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Les amides, y compris l'urée, sont des toxiques musculaires, sans action sur l'excitabilité nerveuse. On peut les considérer comme des poisons du type curarisant : la transmission de l'influx étant arrêtée par un véritable hétérochronisme.

Les actions musculaires de l'oxamide et de la succinamide sont plus faibles que celles de l'acétamide et de l'urée, car la totalité de la substance n'est pas dissoute, il n'y a que contact entre la préparation et le corps toxique.

2° Les sels ammoniacaux sont à la fois des toxiques musculaires et nerveux. A concentration azotée égale, leur toxicité musculaire est légèrement plus forte que celle des amides.

3° Dans toutes les substances étudiées, l'élément qui dans la molécule semble actif, c'est l'azote, car dans chaque groupe, les résultats sont identiques pour une même concentration en azote.

4° Le fait que l'urée se comporte au point de vue pharmacodynamique comme une amide est un argument en faveur de la constitution diamide de l'urée.

PHYSIQUE PATHOLOGIQUE. — *Spectres d'absorption dans l'ultraviolet des sérums des syphilitiques.* Note [1] de M. **Mladen Paić**, présentée par M. G. Urbain.

Le mécanisme des réactions sérologiques de la syphilis n'est pas connu. On ne sait presque rien sur la nature des transformations physiques ou chimiques que subit un sérum au cours de la maladie. Il paraît donc intéressant d'étudier systématiquement les propriétés physicochimiques des sérums normaux et pathologiques et de les comparer.

Nous avons commencé par l'étude des spectres d'absorption dans l'ultraviolet. Dix sérums humains ont été ainsi examinés. Parmi ces sérums, cinq donnaient des réactions sérologiques fortement positives et les autres des réactions franchement négatives [2].

Les courbes d'absorption des sérums, représentant la densité optique en fonction de la longueur d'onde, ont été obtenues par la méthode de V. Henri, les sérums ont été dilués par l'eau physiologique (NaCl 0,15 $n$) dans le rapport 1 : 3. Les densités optiques sont calculées pour une couche de $0^{mm},414$ d'épaisseur.

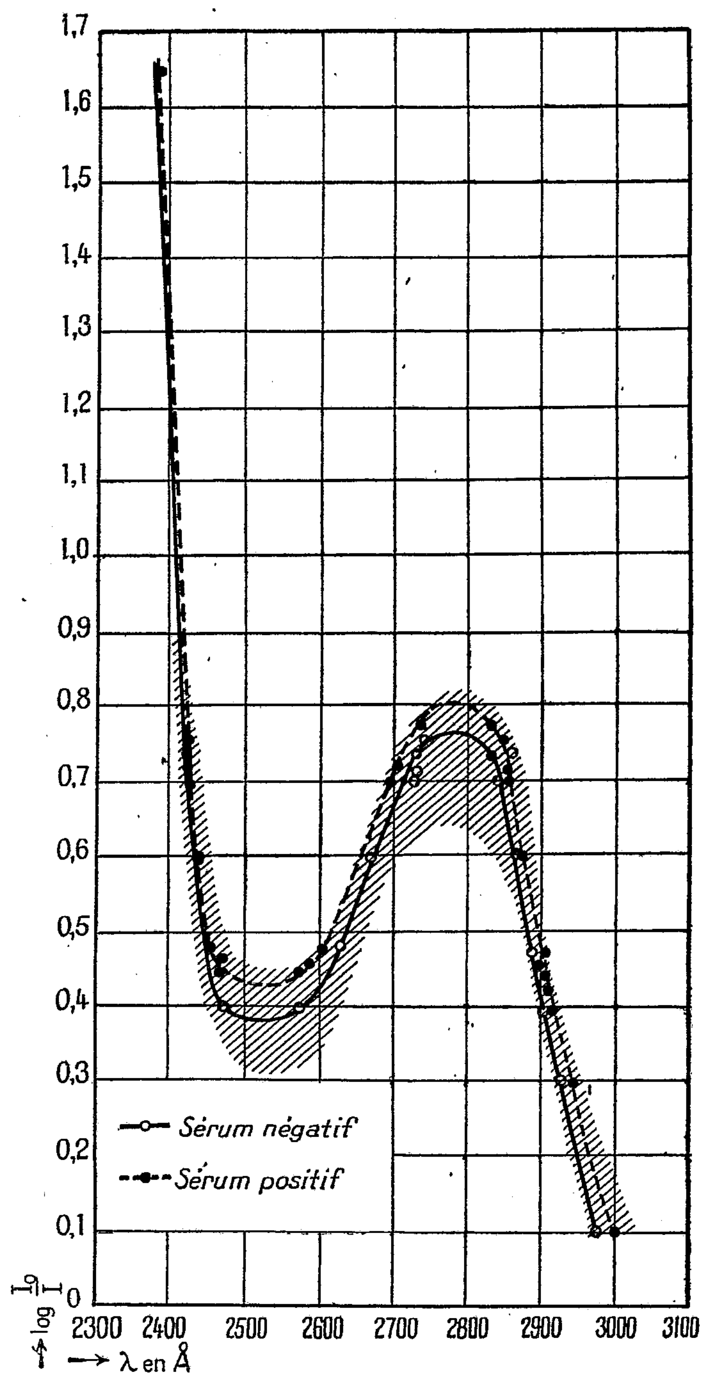
La figure représente les résultats obtenus.

Pour ne pas compliquer trop le graphique, seulement deux courbes sont reproduites entièrement. Celle en trait plein correspond à un sérum négatif, l'autre à un sérum positif. Considérons de plus près la première courbe. Aux grandes longueurs d'onde (environ 3000 Å) l'absorption est relativement faible ($\log I_0/I = 0,1$), mais elle croît avec la fréquence, de sorte que pour 2790 Å elle atteint un maximum d'absorption ($\log I_0/I = 0,76$), puis, pour la longueur d'onde de 2530 Å, elle passe par un minimum bien prononcé ($\log I_0/I = 0,38$) pour s'accroître enfin de nouveau et devenir très forte pour les longueurs d'onde au-dessous de 2400 Å ($\log I_0/I = 1,7$) [3]. La courbe d'absorption du sérum positif possède les mêmes caractères, mais elle est légèrement décalée dans la direction de l'axe des ordonnées. Ce décalage provient très vraisemblablement de la

(1) Séance du 8 janvier 1934.

(2) Chaque sérum était examiné par la réaction de Hecht, la réaction d'opacification de Meinicke et la réaction de Sachs-Witebsky.

(3) Voir aussi P. et M. Lecomte du Noüy, *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 1267.




Courbe d'absorption dans l'ultraviolet des sérums humains normaux et syphilitiques. Épaisseur de la couche : 0mm,414. Concentration : 25 volumes pour 100 de sérum et 75 volumes pour 100 de NaCl 0,15 *N*.

différence de teneur en protéines des deux sérums, mais il n'est pas caractéristique de la positivité du sérum. On a en effet observé des sérums positifs dont la courbe d'absorption est au-dessous de la courbe en trait plein de la figure.

La partie hachurée du graphique représente le domaine renfermant toutes les courbes observées. La plus grande différence de densité optique entre celles-ci est 0,15 environ.

Les sérums humains normaux ne se distinguent donc pas, par leurs spectres d'absorption dans l'ultraviolet, des sérums des sujets syphilitiques. La syphilis n'affecte par conséquent pas profondément la structure des protéines du sérum.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Inclusions intranucléaires dans le système nerveux des cobayes et des souris morts de fièvre jaune expérimentale; genèse, morphologie et interprétation.* Note de M. **S. Nicolau**, Mme **L. Kopciowska** et M. **M. Mathis**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons trouvé, dans le système nerveux des cobayes et des souris morts de fièvre jaune, des inclusions dont l'étude fait l'objet de cette Note.

*Cobayes.* — Les cobayes, inoculés sous la dure-mère avec du virus amaril adapté à la souris, ont succombé au bout de 9 à 13 jours (cf. Stefanopoulo). Après fixation du système nerveux au Duboscq-Brazil-Bouin et coloration au Mann, nous avons trouvé des lésions intenses sur lesquelles nous n'insisterons pas et, dans certaines cellules, *des formations oxyphiles intranucléaires.* Très rares et fines dans le noyau des neurones des ganglions spinaux, du ganglion plexiforme et des cellules de Purkinje, ces inclusions sont belles et nombreuses dans les neurones des noyaux thalamiques, de la corne d'Ammon, des cornes postérieures et surtout des cornes antérieures de la moelle. L'aspect des inclusions, présentes chez tous les animaux examinés, est variable : *a.* parfois le long de la corne d'Ammon, toutes les cellules ganglionnaires présentent dans le noyau une multitude de petits points rouge brillant (corpuscules élémentaires) contrastant avec le caryoplasme bleu d'aspect normal, non dégénéré; *b.* dans la même région et ailleurs aussi, on peut trouver des inclusions plus grandes (1 à $4^{\mu}$), rondes, sans structure intérieure évidente, indépendantes du nucléole, avec ou sans halo autour, presque toujours multiples (4 à 10) et qui sont l'aboutissant

de l'agglutination de plusieurs petits corpuscules; *c.* enfin, dans d'autres neurones, on voit le nucléole sextuplé et même décuplé de volume, par un effet d'agglomération de petites inclusions sur son pourtour; dans les colorations au Giemsa lent, le nucléole apparaît violet, enrobé dans une masse éosinophile qui lui fait couronne.

*Dans toutes ces phases, la cellule garde son intégrité morphologique et tinctoriale;* seul le noyau apparaît avec la chromatine peu abondante, raréfiée et parsemée d'inclusions. Dans la fièvre jaune, de même que dans la maladie de Borna ([1]), le caryoplasme qui s'amasse autour des germes ayant pénétré dans le noyau subit une dégénérescence oxyphile et aboutit ainsi à la formation de l'inclusion. L'analogie parfaite avec les corps de Joest-Degen est frappante lorsqu'on regarde ces derniers sur certaines figures de nos planches [([2]) et ([3])]. Il y a pourtant une différence à noter : tandis que dans la maladie de Borna les inclusions sont souvent uniques, rarement par deux ou trois et exceptionnellement plus nombreuses (*maladie à incubation très longue, faible agressivité du virus*), dans la fièvre jaune les inclusions sont en général plus petites et multiples dans une cellule (*maladie à courte incubation, forte agressivité des germes qui envahissent probablement en grand nombre le neurone*). Aussi, dans cette dernière maladie, on trouve souvent des neurones dont le noyau est à divers stades de dégénérescence :

*a*, tantôt le noyau est transformé en un bloc compact de chromatine oxyphile et réalise ainsi l'aspect que Nicolau et Galloway ont décrit dans la maladie de Borna ([4]); *b*, tantôt la dégénérescence oxyphile affecte la chromatine d'une manière moins brutale, et alors elle rappelle la dégénérescence ballonnée d'Unna, avec transformation oxyphile du caryoplasme fragmenté et accollé à la membrane nucléaire, et présence de masses amorphes, irrégulières, oxyphiles, de chromatine dégénérée; *c*, tantôt encore, le caryoplasme, renfermant déjà quelques inclusions et ne pouvant plus lutter contre l'apport incessant de germes, finit par se fragmenter en blocs plus ou moins irréguliers et plus ou moins oxyphiles. Prendre ces trois stades de dégénérescence nucléaire pour de vraies *inclusions*, parce que la chromatine *morte* devient aussi oxyphile que celles-ci, c'est s'abuser.

---

([1]) S. Nicolau, Galloway et Dimancesco, *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1928, p. 674.
([2]) S. Nicolau et Galloway, *Borna Disease, etc.* (*His. Maj. Stat. Off.*, Londres, 1928).
([3]) S. Nicolau, Dimancesco et Galloway, *Ann. Inst. Pasteur*, 43, 1929, p. 1-88.
([4]) *Loc. cit.*

Plusieurs auteurs ont vu des *inclusions* dans le foie des singes morts de fièvre jaune expérimentale (Stokes, Bauer et Hudson, M. Torres, Cowdry et Kitchen, Hoffman, Snijders et Dinger), ou dans le foie de l'homme (M. Torres et A. Penna, Cowdry et Kitchen); Max Theiler a vu dans le névraxe des souris des « modifications nucléaires ressemblant à celles décrites comme inclusions par Torres, Cowdry et Kitchen dans le foie ». Mais la démarcation entre la formation des inclusions (*une des formes de résistance cellulaire*) et la dégénérescence oxyphile du noyau de la cellule parasitée (*fait qui atteste la mort de la cellule ou sa souffrance intense*) ne paraît pas avoir préoccupé ces savants.

Ajoutons encore la présence des inclusions dans le noyau de nombreuses cellules gliales (cf. maladie de Borna), et, rarement, dans des cellules endothéliales des vaisseaux à parois très lésées du névraxe.

*Souris.* — Chez toutes les souris examinées, nous avons rencontré de très belles inclusions dans les mêmes régions que chez le cobaye. On peut en trouver aussi, quoique de manière exceptionnelle, dans l'endothélium vasculaire et dans des cellules des plexus choroïdes. *Ce fait montre que l'affinité du virus amaril est loin d'être strictement neurotrope.*

D'une manière générale, l'inclusion a pour nous la signification morphologique suivante : *néoformation prenant naissance, sous l'action du virus, dans le noyau ou dans le cytoplasme d'une cellule qui garde son intégrité morphologique et tinctoriale; elle semble être le produit de défense de la cellule, qui isole*, à l'exemple de la formation d'une perle, *le germe du milieu où il a tendance à pulluler; la finalité de ce processus serait ainsi d'endiguer l'activité du germe ayant pénétré dans la cellule, en mettant l'inframicrobe dans une sorte d'enveloppe isolatrice.* Ces conclusions, concernant les corps de Negri (1) et les corps de Joest-Degen (2), sont valables également pour les inclusions que nous avons trouvées chez les souris et les cobayes morts de fièvre jaune.

A 15h15m l'Académie se forme en Comité secret.

---

(1) S. Nicolau, C. Mathis et V. Constantinesco, *Ann. Inst. Pasteur*, 50, 1933, p. 778.

(2) S. Nicolau, Galloway et Dimancesco, *loc. cit.*

## COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *E. Quénu* :

| | |
|---|---|
| *En première ligne*............. | M. **Jean-Louis Faure**. |
| *En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique*................ | MM. **Antonin Gosset**, **Henri Hartmann**. |

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 16h10m.

A. Lx.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

Ouvrages reçus pendant les séances du mois de décembre 1933 (*suite*).

*Étude stratigraphique et paléontologique des grès à Foraminifères d'Ouezzan au Maroc (Oligocène et Miocène inférieur)*, par Jacques Bourcart et Élisabeth David. In *Mémoires de la Société des Sciences naturelles du Maroc*, n° XXXVII. Paris, Émile Larose, 1933; 1 vol. $25^{cm}$. (Présenté par M. H. Douvillé.)

*Massif du Vignemale. Les Hautes-Pyrénées au sud de Cauterets et à l'ouest de Gavarnie.* Triangulation, opérations topographiques et photographiques. Toponymie, par Alphonse Meillon. Calculs, restitution et dessin, par E. de Larminat. Courbes bathymétriques des lacs français, par L. Gaurier.

— *Carte des environs de Cauterets. Hautes-Pyrénées. Vallées de Lutour de Yérét, de Gaube, du Marcadau, et du camp basque.* Observations trigonométriques. Opérations topographiques et photographiques. Toponymie par Alphonse Meillon, avec la collaboration de Maurice Heïd. Calculs, restitution et dessin, par E. de Larminat. Courbes bathymétriques des lacs, par Gaurier. Paris, Institut cartographique, 1929 et 1933; 2 planches $75^{cm} \times 65^{cm}$. (Présentées par M. Helbronner.)

*Notice sur la carte au 20000e avec l'explication des noms de lieux et de montagnes de la région de Cauterets*, par Alphonse Meillon et E. de Larminat. Pau, Marrimpouey jeune, 1933; 1 fasc. $28^{cm}$,5. (Présenté par M. Helbronner.)

*Géographie générale des mers*, par Camille Vallaux. Paris, Librairie Félix Alcan, 1933; 1 vol. $25^{cm}$.

*Les espaces de Finsler*, par E. Cartan. In *Actualités scientifiques et industrielles.* Tome 79 : *Exposés de géométrie*, t. II. Paris, Hermann et Cie, 1934; 1 fasc. $25^{cm}$,5.

*Un grand français, Monge, fondateur de l'École Polytechnique*, par Louis de Launay. Paris, Éditions P. Roger, 1933; 1 vol. $23^{cm}$,5.

(*A suivre.*)

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 22 JANVIER 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Je dois encore aujourd'hui vous annoncer un nouveau deuil : notre Confrère **Pierre Bazy** est mort ce matin; comme nos Sections de Mécanique et d'Économie rurale, notre Section de Médecine et de Chirurgie voit ainsi disparaître en moins d'un an deux de ses membres. Depuis quelques mois déjà, Pierre Bazy était malade et nous n'avions pas le plaisir de le voir à nos séances hebdomadaires, mais nous voulions espérer que sa robuste constitution viendrait à bout du mal qui l'oppressait. Il n'en a pas été ainsi et nous sommes tous profondément attristés par ce nouveau deuil.

Pierre Bazy était né à Sainte-Croix (Ariège), le 28 mars 1853, d'une famille qui paraît avoir résidé là depuis plusieurs siècles puisqu'on retrouve sur les registres paroissiaux qui remontent à 1400 des Bazy pendant toute cette longue période.

Il commença ses études de médecine à Toulouse; quelques mois après le début de ses études, il fut informé par le ministère de la Guerre qu'il était reçu à Saint-Cyr dans une promotion supplémentaire; il donna sa démission, ce qui montre qu'il avait déjà pris un grand intérêt à la médecine.

Il fit son service militaire à Lyon, vint ensuite à Paris, devint interne des hôpitaux, puis chirurgien des hôpitaux et Membre de l'Académie de

Médecine. Il fut notamment pendant plus de vingt ans, y compris les années de guerre, chirurgien de l'hôpital Beaujon, et en même temps chargé de cours de clinique annexe à la Faculté de Médecine. Lorsqu'il fut élu, le 24 janvier 1921, Membre de notre Section de Médecine et de Chirurgie, il était chirurgien honoraire des hôpitaux de Paris.

Il ne m'est pas possible d'énumérer, même brièvement, toutes les contributions de Pierre Bazy à la chirurgie et notamment à la chirurgie des voies urinaires dont il s'occupa tout spécialement; il avait acquis dans ce domaine une réputation universelle qui faisait parfois oublier l'importance de ses travaux de chirurgie générale.

Parmi ces contributions importantes apportées par Bazy à la science médicale et chirurgicale, il faut signaler l'utilisation des injections préventives dans les cas de blessures entraînant le tétanos. Cette méthode, d'abord fort discutée, est aujourd'hui universellement admise; elle a fait ses preuves pendant la grande guerre et a sauvé de très nombreuses existences.

Une autre découverte importante de Pierre Bazy fut d'avoir montré, dès 1895, contre la plupart des chirurgiens de cette époque, que la pleurotomie était une opération relativement innocente en soi et que, dans certains cas, on devait sans crainte pratiquer un pneumothorax chirurgical. Cette pratique opératoire a permis de sauver de nombreux blessés pendant la guerre, et est maintenant devenue courante. On doit également à Bazy d'avoir été le premier à pratiquer des opérations sur la vessie, alors que cet organe apparaissait comme exclu du domaine des interventions chirurgicales.

La science et l'art opératoire font une grande perte en la personne de Pierre Bazy. Nous prions tous les siens d'agréer l'expression de notre sympathie.

La séance sera levée en signe de deuil après l'élection inscrite à l'ordre du jour.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales quadratiques des équations de la dynamique et sur les systèmes conjugués de l'espace euclidien à n dimensions.* Note (¹) de M. **Jules Drach**.

1. L'*intégration logique* des systèmes différentiels ordinaires lorsqu'ils dépendent *rationnellement* (ou algébriquement) de deux éléments *paramé-*

(¹) Séance du 15 janvier 1934.

*triques* au moins, conduit pour la détermination des cas de *réduction* à des systèmes *surabondants* d'équations, dont la solution générale est moins étendue que dans le cas d'un seul élément paramétrique figurant sous forme rationnelle. C'est ce qui arrive toujours pour les équations de la Dynamique *à plus de deux variables indépendantes*, puisque les vitesses figurent au second degré dans la force vive.

Il peut se faire alors que la détermination des cas de réduction n'entraîne aucune intégration quand on choisit comme variables les *caractéristiques d'Ampère* du problème qui sont les arguments des fonctions arbitraires subsistant dans la solution générale, c'est-à-dire quand on cherche les *types* présentant une réduction définie. Le passage à des variables quelconques se fait par des opérations simples; c'est un problème *d'équivalence*.

A titre d'exemple, je vais traiter ici, *analytiquement*, le cas des *intégrales quadratiques des équations de la dynamique* pour un système *conservatif*.

Ce problème a reçu des solutions partielles classiques de Jacobi et de J. Liouville un problème particulier, celui des systèmes *correspondants* (qui ont les mêmes trajectoires), objet de belles recherches de P. Painlevé, R. Liouville et de M. T. Levi-Civitá, conduit aussi à des intégrales quadratiques.

La solution, de beaucoup la plus étendue, a été donnée *sous forme synthétique* par P. Staeckel (¹). Dans le cas *principal* les intégrales quadratiques dépendent de $(n+1)$ groupes de $n$ fonctions d'un argument.

2. Les résultats de P. Staeckel se présentent comme suit :

Les variables $q_1, \ldots, q_n$ sont partagées en $m$ groupes, le $i^{\text{ème}}$ formé des variables $q_{i1}, q_{i2}, \ldots, q_{i\alpha_i}$ comporte $\alpha_i$ éléments; on a donc

$$\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_m=n.$$

On considère les équations

$$(\mathrm{E}_i)\qquad \Theta_i(q_{ij}, p_{ij})=\varphi_{i0}+h_1\varphi_{i1}+\ldots+h_m\varphi_{im}\qquad (i=1, \ldots, m),$$

où les $\Theta_i$ sont quadratiques et homogènes par rapport aux *moments* $p_{ij}$, variables *conjuguées* des $q_{ij}$, et où les $\varphi_{ik}$ ne dépendent que des $\alpha_i$ variables du $i^{\text{ème}}$ groupe. Ces équations forment, en raison de la séparation des variables, un système en *involution* à $n$ variables. Si donc, dans le déterminant $\Phi=\|\varphi_{ik}\|$, on désigne par $\Phi_{ik}$ le coefficient de $\varphi_{ik}$, on peut dire que

(¹) Cf. P. Staeckel, *Comptes rendus*, **119**, 1894, p. 508; et *Annali di Matematica*, 1896; et aussi P. Painlevé, *Comptes rendus*, **122**, 1897, p. 615.

les $m$ équations du premier ordre :

$$H_k = T_k - U_k = h_k, \quad \text{où} \quad T_k = \frac{1}{\Phi} \Sigma \Phi_{ik} \Theta_i, \quad U_k = \frac{1}{\Phi} \cdot \Sigma \Phi_{ik} \varphi_{i0}$$

sont deux à deux en involution.

Si l'on prend, par exemple, $T_1$ pour force vive et $-U_1$ comme potentiel, les équations $H_k = h_k (k = 2, \ldots, m)$ sont autant d'intégrales quadratiques du problème.

Le cas *principal* est celui où $m = n$, les $\alpha_i$ étant égaux à un, les $\varphi_{ik}$ ne dépendent alors que de $q_i$; le problème d'intégration de $H_1 = h_1$ s'achève par des quadratures. Dans les autres cas (*secondaires*), il faut intégrer les équations ($E_i$). On observera ici que ces conclusions subsistent quelle que soit la forme des $\Theta_i$, par exemple si les $\Theta_i$ sont homogènes et de degré $k$ par rapport aux $p_{ij}$ ou, si l'on ne veut pas quitter la Mécanique, lorsque les $\Theta_i$ sont quadratiques mais *non homogènes* par rapport aux moments.

3. Pour traiter *analytiquement* la question, je partirai du cas, *a priori particulier*, où l'on suppose l'existence d'une seule intégrale quadratique, celle-ci et la force vive étant réduites à la forme orthogonale. Il s'agit donc, en posant

$$H = A - U = h, \qquad K = B - V = k,$$

avec $A = \Sigma a_i p_i^2$, $B = \Sigma b_i p_i^2$, d'intégrer le système d'équations en $a_i$, $b_i$, U, V aux variables $q_1, \ldots, q_n$ qui résulte de l'involution $(H, K) = 0$. On forme aisément ce système qui donne

$$b_i = a_i \gamma_i \quad \text{avec} \quad \frac{\partial \gamma_i}{\partial q_i} = 0 \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

$$\frac{\partial \gamma_k}{\partial q_i} = (\gamma_i - \gamma_k) \frac{1}{a_k} \frac{\partial a_k}{\partial q_i} (i \neq k = 1, \ldots, n) \quad \text{et} \quad \frac{\partial V}{\partial q_i} = \gamma_i \frac{\partial U}{\partial q_i} \qquad (i = 1, \ldots, n).$$

Si les $\gamma_i$ sont *distincts*, les dernières équations montrent que les $\gamma$ permettent de définir un système *conjugué* de l'espace euclidien $E_n$ à $n$ dimensions dont les $q_i$ sont les coordonnées cartésiennes. Les conditions d'intégrabilité des $a_i$ entraînent de même entre les $\gamma_i$ des relations qui sont, pour le système du second ordre en U déduit des conditions d'intégrabilité de V, les conditions de *complète intégrabilité*. C'est dire que les $\gamma_i$ étant obtenus, U dépendra encore d'une fonction arbitraire de chacun des arguments $q_i$. Les $\gamma_i$ étant connus, $a_i$ peut être multiplié par une fonction arbitraire de $q_i$; ceci n'ajoute rien d'essentiel.

Si les $a_i$ sont connus, les $\gamma_i$ dépendent linéairement de $n$ constantes. Le problème est donc celui de la *détermination des systèmes conjugués de* $E_n$, *pour lesquels* $\partial \gamma_i / \partial q_i = 0$ $(i = 1, \ldots, n)$.

J'ai pu le traiter en cherchant d'abord les $a_i$. On trouve aisément que

$$\sum \frac{1}{a_i} \frac{\partial a_i}{\partial q_i} dq_i = d\sigma$$

est une différentielle exacte, ce qui permet de poser $a_i = \sigma_i/\sigma$ avec $\partial\sigma_i/\partial q_i = 0$. Les équations pour les $\sigma_i$ et $\sigma$ sont alors

$$\frac{\partial^2}{\partial q_k \partial q_l}\left(\frac{\sigma_i}{\sigma_k \sigma_l}\right) = 0 \quad (i \neq k \neq l) \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial^2}{\partial q_k \partial q_l}\left(\frac{\sigma}{\sigma_k \sigma_l}\right) = 0.$$

Supposons les $\sigma_i$ *distincts*. Dans le cas de trois variables $q_i$, $q_k$, $q_l$, les trois équations du second ordre donnent immédiatement $\sigma_i$, $\sigma_k$, $\sigma_l$ et, si l'on tient compte des conditions $\partial\sigma_i/\partial q_i = 0$, on obtient explicitement la solution avec six fonctions arbitraires des arguments $q_i$, $q_k$, $q_l$. On a d'ailleurs, avec trois fonctions nouvelles,

$$\sigma = \varphi_{i1}\sigma_i + \varphi_{k1}\sigma_k + \varphi_{l1}\sigma_l.$$

*La solution obtenue est la solution indiquée par Staeckel.*

Elle s'étend de proche en proche à 4, ..., $n$ variables par l'emploi de propriétés élémentaires des déterminants.

En considérant un déterminant $\Phi = \|\varphi_{ik}\|$, à $n$ lignes $\varphi_{i1}, \ldots, \varphi_{in}$, dont tous les éléments sont arbitraires, on peut donc prendre, par exemple,

$$\sigma_i = \Phi_{i1} \quad (i = 1, \ldots, n), \qquad \sigma = \Phi,$$

et aussi

$$\sigma U = \varphi_{10}\sigma_1 + \varphi_{20}\sigma_2 + \ldots + \varphi_{n0}\sigma_n$$

avec les arbitraires nouvelles $\varphi_{i0}$. Pour obtenir les $b_i$, je remarque qu'ils satisfont aux mêmes équations que les $a_i$. Si l'on pose $b_i = \sigma'_i/\sigma'$, la condition $\partial\gamma_i/\partial q_i = 0$ exige que $\sigma/\sigma'$ soit une constante. La symétrie du rôle des colonnes dans $\sigma = \Phi$ montre qu'une solution particulière des équations en $\sigma'_i$ s'obtient en posant $\sigma'_i = \Phi_{ik}$. La solution générale sera donc $\sigma'_i = c_1\Phi_{i1} + c_2\Phi_{i2} + \ldots + c_n\Phi_{in}$ avec les $n$ constantes $c_i$.

On obtient ainsi $\gamma_i = \sigma'_i/\sigma_i = 1/\Phi_{i1}(c_1\Phi_{i1} + \ldots + c_n\Phi_{in})$, et ensuite $\sigma V = \varphi_{10}\sigma'_1 + \ldots + \varphi_{n0}\sigma'_n$.

Le cas où plusieurs des $\sigma_i$ sont égaux se traite sans difficulté en considérant d'abord le cas de deux racines égales, $\sigma_1$ et $\sigma_2$ par exemple.

Il en est de même de celui où *les $\gamma_i$ ne sont pas distincts* : il faut alors revenir aux équations initiales, d'où les solutions *secondaires*.

La solution de Staeckel est donc retrouvée, *analytiquement*, *comme solution la plus générale*, dans le cas spécial étudié.

4. Considérons maintenant le *problème général de l'involution* $(H, K) = 0$,

avec $H = A - U$, $K = B - V$ et $A = \Sigma a_{ik} p_i p_k$, $B = \Sigma b_{ik} p_i p_k$, c'est-à-dire le *problème général des intégrales quadratiques* et portons notre attention sur les relations qui lient U et V aux $a$ et aux $b$

$$\sum_i a_{ik} \frac{\partial V}{\partial q_i} = \sum_i b_{ik} \frac{\partial U}{\partial q_i} \qquad (k = 1, \ldots, n).$$

On déduit de là, en résolvant par rapport aux $\partial V/\partial q_i$ et écrivant les conditions d'intégrabilité, un système du *second ordre* linéaire pour U quand les $a_{ik}$, $b_{ik}$ sont connus. Supposons, comme dans le cas particulier traité, ce système *complètement intégrable*, c'est-à-dire que U dépend, après fixation des $a_{ik}$, $b_{ik}$, de $n$ fonctions arbitraires d'un argument caractéristique. On voit aisément que *ces variables caractéristiques sont celles dont le choix réduit simultanément* A *et* B *à la forme orthogonale*. On retombe donc sur le cas traité au paragraphe précédent.

Nous pouvons conclure : *Si* H *et* K *sont en involution, un changement de variables ramène au cas où les $p_i^2$ figurent seuls; la solution est celle de Staeckel*, ceci dans l'hypothèse où U comporte $n$ fonctions arbitraires d'un argument ne figurant ni dans A ni dans B. Il y a donc dans le cas *principal* $n$ intégrales quadratiques.

5. S'il existe pour l'équation $A = h$ des intégrales linéaires, elles augmentent le nombre des intégrales quadratiques; celles-ci ne sont pas réductibles à la forme orthogonale. Par exemple, si nous prenons le cas euclidien

$$A = p_1^2 + \ldots + p_n^2 = h,$$

on a comme intégrale quadratique B toute forme aux variables $p_i, p_i q_k - q_i p_k$, et A et B ne sont pas réductibles à la forme orthogonale. La fonction U associée à A ne peut dépendre que de $n$ fonctions arbitraires d'un argument; *les formes de Staeckel qui conviennent à l'espace euclidien ne dépendent donc que de constantes en nombre fini.* On connaît celle qui correspond aux coordonnées elliptiques de Jacobi : quadriques homofocales; j'ai pu former en coordonnées cartésiennes $q_i$ l'expression de B qui donne les $n$ intégrales quadratiques orthogonales

$$B = \sum_{i,k} \frac{(p_i q_k - q_k p_i)^2}{(\lambda + a_i)(\lambda + a_k)} - \sum_i \frac{p_i^2}{\lambda + a_i}$$

quand on donne à $\lambda$ une valeur constante quelconque; on peut aussi multiplier B par $\Pi(\lambda + a_i)$ et prendre les coefficients des $n$ puissances de $\lambda$.

6. Les systèmes conjugués de $E_n$, associés aux formes de Staeckel, sont obtenus en prenant $n$ fonctions U distinctes correspondant aux mêmes $\gamma_i$; ils dépendent donc de $2n^2$ fonctions arbitraires d'un argument et sont connus explicitement. Leur étude et le détail des calculs paraîtront ailleurs.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Notion nouvelle de l'Enroulement doux de la Pomme de terre*. Note de M. **J. Costantin**.

Dans une Note précédente [1] sur les expériences culturales faites dans les Pyrénées, j'ai établi que l'altitude agit sur les tubercules dégénérés sinon pour les guérir du moins pour améliorer leur état de santé.

Déjà, en 1923, M. Newton (R. G.) avait annoncé la guérison d'un cas de Mosaïque à 100 pour 100 de malades par l'effet du climat nordique de la Colombie britannique. Ce remarquable résultat avait été obtenu après quatre années de culture, de 1920 à 1923, à Inverness (Canada) et à $700^m$ d'altitude; c'est là une faible élévation, mais *c'est en réalité la haute latitude* qui surtout agissait. Il annonça qu'en 1923 toutes ses plantes étaient saines, car la récolte était redevenue normale comme chez les plantes non malades : le rendement constitue le criterium suprême et il n'y en a pas de meilleur pour affirmer que la dégénérescence est domptée.

Il est curieux de constater que les faits si remarquables annoncés ainsi aient passé inaperçus à une époque où tant de savants éminents en Hollande et en Amérique étudiaient les dégénérescences. Je suis peut-être le seul à avoir cité ce Mémoire précédent (en 1924 et en 1932).

Un second résultat est annoncé par M. Newton : avec l'Enroulement, la guérison spontanée par le climat ne se produit pas; pour vaincre ce second type de maladie à virus, il a fallu sélectionner les pieds par un arrachage strict et méthodique de tous les pieds malades.

Il est possible que tous les faits annoncés par le savant canadien aient été ignorés (ce qui est peu admissible) : ils ont peut-être tellement surpris la presque totalité des chercheurs qu'ils sont restés incrédules et les ont négligés. Il s'agissait cependant d'expériences qu'on peut essayer de répéter. Il est toujours dangereux de négliger des résultats expérimentaux si l'on n'a pas constaté qu'ils étaient inexacts.

D'ailleurs l'essai a été répété par M. Woowilliams en 1927, et il n'a pas été infirmé, au contraire.

Les constatations faites, en 1933, dans les Pyrénées sous ma direction,

---

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 22.

établissent avec certitude que, *pour la Mosaïque comme pour l'Enroulement, l'altitude diminue la dégénérescence.*

Le climat alpestre agit donc sur les plantes enroulées, contrairement à ce qu'a annoncé M. Newton.

Une deuxième remarque différencie mes résultats de ceux du savant canadien. *Je n'ai pas constaté une guérison radicale des pieds mosaïqués mais une amélioration de l'état pathologique.* Les tubercules des pieds élevés à 1400$^{m}$ (Pyrénées) ou à 1500$^{m}$ (Alpes) renferment encore le virus, car si on les ramène à 550$^{m}$ (Bagnères-de-Bigorre) la récolte baisse, c'est-à-dire que la maladie devient plus intense.

Ces phénomènes s'expliquent en admettant que l'acuité de la maladie varie avec l'altitude, autrement dit qu'*il y a une variation de la virulence sous l'influence de la montagne.*

Les virus pas plus que les mycorhizes ne sont des *entités fixes*, c'est ce que Noël Bernard a montré pour les Orchidées; c'est ce que nient certains auteurs (M. Burgeff, M. Bultel et d'autres). Ces derniers n'ont pas eu l'idée de Noël Bernard, à l'instar de Pasteur, de faire repasser le Champignon symbiotique dont l'activité germinative commence à diminuer dans une nouvelle graine d'Orchidée; s'ils avaient fait cette expérience célèbre, ils auraient constaté, comme l'ont fait tout récemment M. et M$^{me}$ Magrou (en 1933) que la virulence s'accroît et fait germer plus de graines.

Divers auteurs ont déjà envisagé des phénomènes analogues aux précédents pour les maladies à virus, mais sans mentionner toutefois explicitement la variation de virulence ([1]). *La notion d'une forme douce de la Mosaïque de la canne à sucre* a été introduite dans la science par MM. Brandes et Klaphaak (en 1923) et elle a joué un grand rôle dans la restauration des cultures de Cannes dégénérées en Amérique.

La *Mosaïque douce de la Pomme de terre* a été également signalée par M. Botjes (en 1928). Selon lui, le caractère atténué de la maladie se manifeste par une diminution de la récolte de certaines variétés qui atteint 75, 80 et 87 pour 100 du rendement normal des variétés saines. L'auteur cite même une variété *Roode star* qui, sauf une couleur pâle, ne trahit par aucun symptôme l'existence de la Mosaïque; la plante contient cependant le virus car, greffée sur une variété sensible à cette maladie et bien saine, les symptômes de la Mosaïque douce apparaissent. Ce type *Roode star* est donc *à virus inapparent.*

On a découvert, dans ces dernières années, un grand nombre de variétés semblables appartenant toujours au *Solanum tuberosum* : d'abord presque toutes les variétés

---

([1]) M. Carsner (1919) et M. Lackey (1929) ont constaté que la virulence du *curlytop* de la Betterave varie sur les mauvaises herbes; en 1931, M. Quanjer a signalé que le virus de la nécrose acropétale de la Pomme de terre varie dans les germinations de graines. M. Johnson a fait des constatations analogues (en 1925) en étudiant la transmission de virus inapparent de la Pomme de terre.

américaines et d'autres hollandaises (*Thorbecke*) et françaises (*Jaune D'or*). Il s'agit donc d'un phénomène très général (¹).

A l'aide de cette notion de virus inapparent, M. Quanjer a pu, dès 1930 et 1931, différencier par des caractères morphologiques et anatomiques précis deux dégénérescences, l'une inconnue, l'autre mal définie : le « top nécrosis ou acronécrose » et la « nécrose acropétale ». Il a fait apparaître, par exemple, le virus caché dans *Zeelande Bleue* ou *Thorbeck* par greffage avec une variété qui est un véritable réactif (*Président = Paul Krüger*). La nécrose acropétale se montre dans le collenchyme d'abord, bientôt elle se trahit à l'œil nu par des taches de nécrose noires ou brunes, brillantes comme du verre sur les feuilles inférieures qui se flétrissent bientôt et s'infléchissent vers le bas; les tubercules restent petits avec des taches nécrotiques superficielles (²).

Avec *Roode star* à virus latent, la maturation est hâtée et certains cultivateurs préfèrent ces formes malades aux types sains.

Les variétés *Industrie* et *Triumph* présentent aussi des cas de virus inapparent; or elles ont servi dans nos essais des Pyrénées mais nous les avons regardées comme saines. Si elles ont un virus caché, ces deux variétés doivent grossir la liste des plantes malades. Comme le résultat est le même pour les plantes saines et pour les plantes dégénérées, il n'y a aucun changement dans les conclusions : le virus latent se comporte comme le virus apparent.

On doit remarquer que l'on possède donc maintenant une méthode permettant de changer la virulence des virus. Il n'est pas absurde d'envisager que l'on pourrait peut-être essayer de réaliser des vaccinations pour les plantes comme pour les animaux. Il serait bien téméraire d'affirmer qu'il en résultera une technique pratique pour l'Agriculture. Néanmoins, au point de vue théorique, ces conceptions peuvent avoir de l'intérêt.

*Conclusions.* — 1° Il découle de l'exposé précédent qu'il y a un *Enroulement doux* de la Pomme de terre comme il y a une Mosaïque douce. J'ai soupçonné ce fait nouveau dans ma Note du 24 avril 1933 (³) : il me paraît aujourd'hui bien établi.

2° L'altitude ne guérit pas les plantes malades de la Mosaïque ou de

---

(¹) M. Quanjer a signalé, en 1931, l'existence de virus latents dans les genres suivants : *Abutilon*, *Beta*, *Humulus*, *Nicotiana*, *Phaseolus*, *Physalis*, *Saccharum* et *Solanum*.

(²) On sait que la nécrose des tubles criblés et des cellules compagnes dans l'Enroulement *ne s'observe qu'au microscope* et avec un grossissement d'au moins 100 fois. Les taches nécrotique du *top necrosis* dans les feuilles s'observent, au contraire, *avec une simple loupe* et dans les tubercules *à l'œil nu*.

(³) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1186.

l'Enroulement, mais elle améliore leur état de santé et les virus ou microbes invisibles qui causent ces deux maladies diminuent de virulence. On possède donc maintenant une méthode très simple pour faire varier cette dernière. On entrevoit ainsi la possibilité de réaliser *de véritables vaccinations des végétaux*, qui n'avaient jamais été tentées jusqu'ici effectivement, car les vaccinations si remarquables réalisées par Noël Bernard sur les graines d'Orchidées ne se rapportent pas à une maladie (¹).

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une série de coefficients intervenant dans certains phénomènes dépendant de l'agitation thermique.* Note (²) de M. **Pierre Weiss.**

I. J'ai montré (³) que la discussion de l'équation d'état des fluides permet de retrouver exactement le coefficient $R = 1 : 273,2$ des gaz parfaits jusque dans des états de densité relativement grande (de l'ordre de 200 fois la densité du gaz à 0° et sous la pression d'une atmosphère). Mais au-dessus d'une densité déterminée, différente suivant les substances, ce coefficient est remplacé par un coefficient $R' = \zeta R$ où $\zeta$ est supérieur à l'unité. Les valeurs de $\zeta$ les plus fréquemment rencontrées sont :

1 1,05 1,10 1,20 1,29 1,39 1,78

Ce sont approximativement des termes d'une progression arithmétique de raison voisine de 0,05. Depuis lors l'examen des données fournies par la compressibilité a permis de préciser davantage la raison de la progression vers 0,0475, de sorte que les termes ci-dessus deviennent

1 1,0475 1,095 1,19 1,285 1,38 1,76

II. La loi des points de Curie et des points de fusion de Forrer (⁴) s'exprime par

$$\Theta = F.\sqrt{N},$$

où $\Theta$ est le point de Curie ou la température de fusion, F un facteur

(¹) M. Beauverie a cependant entrevu des phénomènes de vaccination dans le cas de la *toile des serres* (*Botrylis cenerca* stérile). Je ne sais si une suite pratique a été donnée à ses intéressantes remarques.

(²) Séance du 15 janvier 1934.

(³) *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 293.

(⁴) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 697, 779 et 868.

exprimé par une certaine température et N un nombre entier. Ce dernier est la donnée empruntée à l'étude des réseaux cristallins des solides que Forrer a désignée comme étant le « nombre des contacts des orbites électroniques par atome ».

Or Forrer a trouvé que le facteur F, le plus souvent très voisin de 301° (facteur du point de Curie du fer) a quelquefois une valeur inférieure voisine de 287° (facteur rencontré plusieurs fois exactement par Forrer et voisin de celui du cobalt) ou une valeur supérieure voisine de 315° (facteur du point de Curie du nickel). Ces trois facteurs sont :

$$(1-0{,}0465)\times 301^\circ, \quad 301^\circ, \quad 1{,}0465\times 301^\circ.$$

Donc l'écart relatif des deux facteurs extrêmes par rapport au facteur dominant 301° est mesuré par 0,0465, nombre extrêmement voisin de la raison de la progression arithmétique donnant les diverses valeurs de R′ remplaçant R des gaz parfaits.

III. M. Féry (¹) a établi que la résistance électrique du platine, à l'état de « platine noir » obtenu par pulvérisation cathodique, tombe brusquement d'une fraction importante de sa valeur à certaines températures, dans les intervalles desquelles la variation thermique a l'allure habituelle. Ces températures sont ainsi caractérisées comme étant celles de changements d'état propres à cette substance. Ces phénomènes ont été trouvés reproduisibles avec des caractères constants. La série des températures de transformation donnée par M. Féry est

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $t^\circ C =$ 53° | 83° | 97° | 114° | 140° | 241° | 340° |

ou

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $T^\circ K =$ 326° | 356° | 370° | 377° | 413° | 514° | 613° |

En prenant comme point de départ la température de 300° qui, au degré de la précision, est le facteur du fer de Forrer et en le multipliant par les termes de la série empruntée à l'étude de l'équation d'état des fluides :

$$1+2r \qquad 1+4r \qquad 1+5r \qquad 1+6r \qquad 1-8r \qquad 1+15r \qquad 1+22r$$

où $r=0{,}0475$, on obtient

$$328^\circ{,}5 \qquad 357^\circ \qquad 371^\circ{,}2 \qquad 385^\circ{,}5 \qquad 414^\circ \qquad 513^\circ{,}7 \qquad 614^\circ$$

températures identiques, au degré de la précision, à celles des transformations du platine noir.

---

(¹) ANDRÉ FÉRY, *Thèse*, Paris, 1932.

L'intervention de ces mêmes coefficients $\zeta$, dans des phénomènes thermiques aussi différents, est frappante et totalement inexpliquée.

ASTRONOMIE. — *Sur le diamètre apparent des disques stellaires.* Note (¹) de M. **Louis Roy.**

On s'accorde à attribuer au disque d'une étoile d'éclat moyen, blanche ou du moins non fortement colorée, un diamètre apparent $2\alpha_0$ de l'ordre du rayon $142'' : D$ du premier anneau noir de diffraction, D étant le diamètre, exprimé en millimètres, de l'ouverture utilisée supposée sans obturation centrale (lunette) et ce rayon étant calculé pour la longueur d'onde $0,56.10^{-3}$ mm de la radiation la plus sensible à l'œil. L'observation courante montre, d'autre part, que $2\alpha_0$ est, à ouverture D constante, une fonction constamment décroissante de la magnitude $m$ de l'étoile observée. Mais il ne nous semble pas qu'on se soit encore préoccupé de rechercher, d'une façon un peu précise, la loi de variation de $2\alpha_0$ en fonction de $m$, D et, éventuellement, du grossissement employé.

Nous avons profité d'une série de nuits particulièrement favorables pour tenter cette détermination du 15 juillet au 19 août 1933, à l'aide de l'équatorial Brunner-Henry de l'Observatoire de Toulouse, en opérant principalement sur les étoiles $\alpha$ Lyræ, $\alpha$ et $\gamma$ Cygni, $\gamma$ Lyræ, $\varphi$ et $\omega$ Herculis, dont les magnitudes s'échelonnent aussi régulièrement que possible de 0,14 à 5,36. Chacune de ces étoiles a été observée, dans le voisinage de sa culmination et à moins de 20° de distance zénithale, avec les ouvertures de 50, 100, 150, 200, 250 et 300mm et, pour chaque ouverture, avec sept, huit ou neuf grossissements différents généralement compris entre 3 D et 15 D (D en millimètres). Sur un total de 297 mesures, représentant chacune la moyenne de 5 mesures effectuées par la méthode de la double distance, nous en avons utilisé 228 à la détermination de la *surface des diamètres apparents*,

$$2\alpha_0 = f(m, D), \tag{1}$$

où nous ne faisons pas figurer le grossissement, car nous avons reconnu que $2\alpha_0$ paraît en être indépendant. Soient A et B les courbes d'intersec-

(¹) Séance du 15 janvier 1934.

tion de cette surface par des plans respectivement normaux aux axes OD et O$m$.

Pour effectuer de telles mesures dans de bonnes conditions avec des grossissements aussi élevés, la focale $F = 6003^{mm}$ de la lunette était portée à la valeur $\gamma F$ par l'interposition, à $140^{mm}$ en avant du plan des fils, d'un objectif de microscope de grandissement propre $\gamma$. A l'aide de quelques objectifs convenablement choisis ($2,42 \leqq \gamma \leqq 14,97$), il était donc facile de réaliser l'échelle de grossissements indiqués, tout en employant des oculaires suffisamment faibles pour que l'épaisseur des fils fût toujours une très faible fraction des diamètres à mesurer. En même temps, la valeur angulaire du tour de vis se trouvait abaissée à des valeurs comprises entre $9'',175$ et $1'',504$, ce qui rendait chaque fois l'erreur de lecture négligeable.

Par suite de la décroissance rapide de $2\alpha_0$ quand $m$ croît et de la variation corrélative, proportionnelle à $10^{-m/2,5}$, de l'éclairement en chaque point du disque, dont le bord devient rapidement très indécis, il ne nous a pas été possible de dépasser utilement la plus forte 5,36 des magnitudes indiquées. Mais, comme il est certain que, pour le maximum de $m$ accessible à une ouverture D, $2\alpha_0$ est extrêmement petit par rapport à ce qu'il est pour $m = 0$, on doit pouvoir admettre, sans erreur notable, que la surface (1) coupe le plan $m$OD suivant la courbe

$$m = 5 \log D + h, \tag{2}$$

qui fait connaître la plus petite magnitude qui *cesse* d'être visible avec l'ouverture D, $h$ étant une constante empirique. Il nous était dès lors possible d'interpoler, selon toute vraisemblance, nos courbes expérimentales A entre la valeur 5,36 de $m$ et celle qui est donnée par (2).

D'ailleurs et malgré la dispersion inévitable des points expérimentaux, le tracé de ces courbes se trouvait grandement facilité par cette remarque qu'elles sont des coupes successives d'une surface continue. En particulier, ce tracé doit être tel qu'il conduise à des courbes régulières pour les courbes B, ou mieux encore pour les courbes C de variations de $2\alpha_0 D$ en fonction de D à magnitudes constantes; d'où une méthode graphique d'approximations successives pour parvenir aux courbes définitives les plus probables A, B, C.

Les courbes B et C se trouvaient ainsi tracées dans l'intervalle expérimental $50 \leqq D \leqq 300$. Considérons alors l'une quelconque des courbes C; celle-ci doit partir du point de l'axe OD défini par (2), ce qui permet, sans risque d'erreur notable, de l'interpoler entre ce point et celui d'abscisse 50.

Des courbes C ainsi complétées, se déduisent immédiatement les portions correspondantes des courbes B.

L'allure des courbes C est telle que, D croissant à partir de la limite fixée par (2), $2\alpha_0 D$ commence par croître d'autant plus rapidement que la valeur correspondante de $m$ est plus faible, passe par un maximum, pour décroître assez lentement ensuite, l'abscisse de ce maximum croissant de 165 à $290^{mm}$, quand $m$ croît de 0 à 5. Il en résulte qu'à magnitude constante, $2\alpha_0$ ne saurait varier sensiblement en raison inverse de D que dans le voisinage du maximum.

Considérons maintenant les courbes B. Chacune d'elles devant encore partir du même point de l'axe OD que la courbe C correspondante, on voit que, D croissant à partir de cette ouverture limite, $2\alpha_0$ commence par croître, passe par un maximum, puis décroît, la croissance étant d'autant plus rapide que $m$ est plus faible. C'est ainsi que, pour $m = 0$ et D croissant de 0,39 à $4^{mm}$, $2\alpha_0$ croîtrait de 0 à $6'',92$; ce serait donc là le maximum maximorum de $2\alpha_0$ pour $m \geqq 0$. Le lieu de ces maxima sur la surface (1) constitue ainsi une ligne de faîte.

Il était enfin intéressant de tracer sur la surface (1), limitée aux plans $m = 0$ et $D = 300^{mm}$, son intersection avec le cylindre hyperbolique $2\alpha_0 = 142'' : D$, dont les génératrices sont parallèles à l'axe $Om$. On reconnaît ainsi que cette courbe d'intersection a pour sommet le point ($m = 0$, $D = 34^{mm},5$, $2\alpha_0 = 4'',16$). Sur le plan $m$OD, elle se projette à peu près parallèlement à la courbe (2) et, sur le plan $2\alpha_0$OD, sensiblement suivant une droite, $m$ croissant de 2,1 à 4,6, quand D croît de 50 à $300^{mm}$.

Enfin, l'allure de la surface (1), pour $m \geqq 0$, est telle qu'elle paraît pouvoir être extrapolée sans trop d'incertitude jusqu'à la magnitude $-1,58$ de Sirius.

ASTROPHYSIQUE. — *Analyse spectrale de la lumière du ciel nocturne au Pic du Midi*. Note de MM. **J. Cabannes** et **J. Dufay**.

I. Depuis quelques années, plusieurs observateurs ont analysé la lumière du ciel nocturne [1]. Sur un spectre continu, coupé par les raies sombres de Frauenhofer, se détachent un grand nombre de bandes et raies d'émis-

---

[1] J. Dufay, *Journal de Physique*, 7e série, 4, 1933, p. 221.

sion, dont la plus intense est la raie verte des aurores polaires. L'intensité des autres radiations est si faible qu'il fallait en général poser plusieurs nuits pour les faire apparaître. Pour abréger le temps de pose et découvrir de nouvelles radiations, l'un de nous a fait construire un spectrographe beaucoup plus lumineux que les appareils antérieurs. Le prisme, en flint extra-dense, recouvre un objectif de chambre bien corrigé ayant 80$^{mm}$ de focale et travaillant à F/0,7. Les premières observations, dont nous publions ici les résultats, ont été faites au Pic du Midi du 20 au 28 août 1933.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3891 | 0 | N | 4173 | 5 | N | 4573 | 0 | |
| 3903 | 1 | A | 4181 | 1 | N, A | 4581 | 2 | N |
| 3909 | (?) | | 4193 | 1 | | 4592 | 1 | A |
| 3916 | 3 | N, A | 4199 | 1 | N | 4617 | 3 | N |
| 3924 | (?) | | 4214 | 0 | N | 4632 | (?) | |
| 3935 | 0 | N, A | 4221 | 3 | | 4649 | (?) | N, A |
| 3950 | 2 | N | 4225 | (?) | | 4669 | 4 | |
| 3954 | (?) | | 4236 | 0 | N, A | 4693 | 3 | |
| 3966 | 3 | N | 4259 | 2 | | 4700 | (?) | A |
| 3974 | (?) | N | 4269 | 2 | N, A | 4712 | 1 | N, A |
| 3980 | 0 | N, A | 4279 | 2 | N, A | 4726 | 0 | |
| 3989 | 1 | | 4288 | 2 | | 4730 | (?) | |
| 3995 | 1 | | 4301 | 0 | | 4767 | 1 | |
| 4002 | 1 | N, A | 4313 | (?) | | 4781 | 2 | N, A |
| 4014 | 1 | | 4328 | 3 | N | 4808 | 3 | |
| 4022 | 2 | N | 4337 | 1 | | 4825 | 3 | |
| 4029 | 0 | N | 4345 | 1 | N, A | 4838 | 4 | N |
| 4038 | 1 | N | 4360 | (?) | | 4868 | 3 | N, A |
| 4044 | (?) | N | 4370 | 3 | A | 4893 | (?) | |
| 4052 | 2 | | 4386 | 2 | N | 4904 | 3 | |
| 4061 | 0 | N, A | 4402 | 1 | | 4916 | (?) | |
| 4067 | (?) | | 4419 | 4 | N, A | 4934 | 3 | |
| 4073 | 4 | N, A | 4431 | 5 | N | 4965 | 2 | |
| 4091 | 2 | N | 4449 | 3 | N | 5003 | 2 | A |
| 4101 | 1 | N | 4472 | 1 | | 5030 | 3 | |
| 4110 | 1 | | 4480 | (?) | N, A | 5092 | 1 | |
| 4122 | 2 | | 4495 | 1 | N | 5131 | (?) | N |
| 4135 | 3 | | 4519 | 2 | N | 5162 | 1 | |
| 4144 | 2 | N, A | 4536 | 4 | | 5204 | (?) | |
| 4153 | 1 | | 4545 | (?) | | | | |
| 4160 | 2 | | 4554 | 4 | N, A | | | |

Les lettres N et A rappellent que les radiations ont déjà été observées dans le ciel nocturne N ou l'aurore polaire A. Une accolade réunit les raies et bandes qui forment sur les clichés un groupe intense et caractéristique.

II. Avec des plaques Fulgur, nous pouvons photographier en moins d'une nuit les radiations comprises entre 3900 et 5200 Å. Cet intervalle occupe sur les clichés une longueur de $5^{mm},71$. *Nous y avons trouvé* 91 *raies ou bandes d'émission, dont* 44 *nouvelles* (¹). Parmi ces dernières, 31 sont certaines et déterminées à 2 ou 3 Å près; les autres, très faibles, sont douteuses. A côté de chaque longueur d'onde figure, dans le tableau ci-dessus, un nombre allant de 0 à 5, qui donne une idée de l'intensité. Il ne faut voir dans ce numérotage qu'une assez vague indication, *l'intensité relative de certaines raies variant d'une nuit à l'autre*. Par exemple, des deux fortes raies 4536 et 4554, c'est tantôt l'une et tantôt l'autre qui prédomine, et de beaucoup.

III. Plusieurs spectres se superposent dans la lumière du ciel nocturne, plus complexe que celle des aurores, et l'origine des radiations les plus intenses demeure incertaine.

Nous retrouvons, comme les précédents observateurs, les principales bandes négatives de l'azote 3914, 4199, 4236, 4278, 4651, 4708 et les bandes positives 3998, 4059, 4141, 4269 et 4574 (la bande 4201 étant inséparable de 4199). Les raies assez intenses 3950 et 4370 paraissent être les deux plus fortes raies de l'atome neutre d'oxygène, tandis que les raies 4101, 4110, 4153, 4221, 4360 et 4495 pourraient provenir de l'atome neutre d'azote.

D'autre part *les principales raies du spectre rouge de l'argon coïncident avec des raies faibles du ciel nocturne*, où l'on relève les longueurs d'onde 4044, 4160, 4181, 4193, 4259, 4259, 4301, 4337, 4345, 4592, 4632 et 4700. La raie 3949 de l'argon serait confondue avec une raie de l'oxygène; les raies 4200, 4266, 4272 avec des bandes de l'azote. *On trouve* aussi *de bonnes coïncidences avec les raies intenses du parhélium* (3926, 3965, 4144, 4388) *et de l'orthohélium* (3889, 4026, 4472, 4713).

Enfin *les radiations les plus caractéristiques du spectre d'origine inconnue des noyaux cométaires* (²) (3988, 4014, 4020, 4039, 4052, 4067, 4074, 4288° 4314, 4328, 4669, etc.) *sont* TOUTES *très voisines de certaines raies du ciel.*

---

(¹) Huit des radiations mesurées pour la première fois sur les clichés du Pic du Midi ont été retrouvées récemment par l'un de nous sur un ancien cliché (*Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 107).

(²) F. Baldet, *Recherches sur la constitution des comètes et les spectres du carbone* (*Thèse*, Paris, 1926, p. 58).

IV. En plaçant un prisme à réflexion totale sur une moitié de la fente, nous avons photographié simultanément le zénith et l'horizon et comparé l'intensité des radiations provenant de ces deux régions du ciel. Pour le spectre continu, l'intensité au zénith était plus faible qu'à l'horizon Nord, mais un peu plus grande qu'à l'horizon Sud. Pour le spectre discontinu, l'intensité était toujours plus grande au Nord et au Sud qu'au zénith. Les rapports trouvés, *variables d'une radiation à l'autre et d'une nuit à l'autre*, sont de l'ordre de 1,5.

Les bandes et les raies sont donc bien émises dans l'atmosphère supérieure. L'absorption atmosphérique intervenant d'une manière complexe, il est difficile de préciser l'altitude des couches lumineuses. En cherchant à tenir compte de l'absorption, *nous trouvons des valeurs nettement supérieures à* 100$^{km}$, *plus grandes que pour la majorité des aurores.*

PROTISTOLOGIE. — *L'origine péridinienne des Radiolaires et l'interprétation parasitaire de l'*anisosporogénèse. Note de M. **Édouard Chatton**.

La comparaison des formes de l'évolution, étudiées surtout par Karl Brandt (1885) et par Walter Huth (1913), qui, chez les Radiolaires, aboutit aux *anisospores*, données par ces auteurs pour des gamètes, avec l'évolution dans la cavité générale des Copépodes des Péridiniens plasmodiaux du genre *Syndinium* (Chatton, 1910), m'a déterminé (1919-1923) à ne voir dans les premières que des Péridiniens parasites intracytoplasmiques (chez les Polycyttaires), ou intranucléaires (chez les Collodaires), et à affirmer que, seules, appartiennent en propre aux Radiolaires l'isosporogénèse et les isospores. Je résume les moyens de mon affirmation :

1° les formes *anisosporogénétiques* sont d'abord des éléments uninucléés, puis des plasmodes bien individualisés, inclus dans l'ectoplasme du Radiolaire, qui, en s'accroissant, se substituent au corps de celui-ci progressivement résorbé, et finalement sporulent;

2° le cytoplasme avec ses enclaves, et les noyaux de ces plasmodes sont — Hovasse aussi l'a constaté (1923) — parfaitement distincts de ceux du Radiolaire et, par contre, identiques jusque dans les détails (5 chromosomes en V à pointes convergentes) à ceux des *Syndinium;*

3° les anisospores qui en procèdent sont du type syndinien, c'est-à-dire du type *Spirodinium*, tandis que les isospores sont du type *Cryptomonas*. Quoique appartenant à un même phylum, ces deux types représentent des

stades évolutifs éloignés. Or on sait que, chez les Protistes et les Algues, les gamètes, quand ils sont mobiles, sont du même type que les zoospores;

4° ni entre les anisospores des Radiolaires, ni entre les dinospores semblables ou dissemblables des *Syndinium*, ni entre celles d'aucun autre Péridinien parasite, ni entre les Péridiniens libres monoénergides, il n'a été constaté avec certitude de copulation. Par contre, nous savons par expérience combien souvent il faut se défendre d'interpréter comme telle la séparation incomplète, à des degrés divers, de spores issues d'un même plasmode. Au reste, chez aucun Péridinien non plus, on n'a observé ces images si caractéristiques qu'offre toute méiose, même à ce degré de l'échelle : chez les Amibes (Gläser, 1912), les Héliozoaires (Belàr, 1922), les Protéomyxées (Chatton, 1927), les Diatomées (Geitler, 1927, 1928). On est en droit de dire que la sexualité est totalement inconnue chez les Péridiniens et chez les Radiolaires.

Mais toutes ces raisons de distinguer les parasites syndiniens des Radiolaires qui les hébergent ne m'ont point empêché de noter certaines similitudes essentielles que révèle une étude attentive entre les structures nucléaires et les modes mitotiques des uns et des autres. S'ils ne peuvent être confondus avec les noyaux syndiniens, ceux des Radiolaires, notamment ceux des Polycyttaires, sont très semblables à ceux de certains Péridiniens, les Noctiluques et les *Haplozoon* par exemple. D'ailleurs, des observations inédites faites en 1912, sur ces Radiolaires rares que sont les Globicelles et les Atlanticelles, m'avaient déjà suggéré la notion de leur parenté étroite avec les Noctiluques. Et, en 1925, après avoir rappelé l'interprétation parasitaire de l'anisosporogénèse, j'écrivais : « ... Mais je n'en ai pas moins tendance à penser que les Radiolaires tirent leur souche de l'ensemble des Chromoflagellés : Chrysomonadines, Cryptomonadines, Dinoflagellés, Cystoflagellés et ceci en raison des caractères communs à leurs noyaux. » Et dans un diagramme phylogénétique (p. 77), je mettais les Radiolaires en liaison collatérale avec les Dinoflagellés par les Noctiluques.

La théorie parasitaire de l'« anisosporogénèse », soutenue aussi par Hovasse (1923), est discutée en Allemagne. Belár (1926), Reichenow (1929), Trojan (1930), Zimmermann (1930) tendent à expliquer la structure syndinienne des anisospores en invoquant comme moi une parenté des Radiolaires avec les Péridiniens. Zimmermann produit en faveur de cette parenté un fait important : chez un Gymnodinien vrai, le *Gymnaster pentasterias*, il existe non seulement les spicules siliceux qu'avait vus

Schütt (1895), mais encore une capsule centrale. Ce sont là des caractères de Radiolaire. Aujourd'hui et ici même, B. Biecheler observe une capsule périnucléaire de structure complexe, chez un Péridinien de l'Étang de Thau, qui, cela mis à part, resterait un *Gyrodinium*. Et Hovasse vient de reconnaître aux Ebriacées des caractères de Péridiniens et de Radiolaires (1934). Ainsi se consolide la notion de l'origine commune de ces deux grands groupes. Est-ce à dire que le litige de l'anisosporogénèse soit par là résolu? Serait-il impossible que des Péridiniens pussent parasiter de leurs proches parents? N'avons-nous pas vu des Fœttingeriidés (*Phtorophrya*) parasiter d'autres Fœttingeriidés (*Gymnodinioides*).

Mais allant plus au fond des choses, analysons l'hypothèse de l'anisosporogénèse radiolarienne. Si j'avais à la défendre, j'observerais d'abord qu'elle offre le tableau le plus évocateur qui soit de cette dualité somatogerminale que révèlent partout les recherches d'embryogénie moderne. Germinales les anisospores, qu'elles soient ou non sexuées et les masses plamodiales syndiniennes qui les précèdent, somatiques le corps cytoplasmique et les noyaux totalement périssables du Radiolaire. On peut, certes, imaginer ce stade où le soma radiolarien se séparerait du germen syndinien. Mais voici la pierre d'achoppement de l'hypothèse, cette antilogie inéluctable : les isospores, quoique asexuées (le sont-elles réellement?), ne peuvent être elles-mêmes que germinales. Et cependant, on les voit procéder sans aucune différenciation nucléaire ou cytoplasmique de la masse propre du Radiolaire, celle-là même que l'hypothèse anisosporogénétique oblige à considérer comme purement somatique.

Il est vrai que la thèse de l'anisosporogénèse radiolarienne n'implique pas nécessairement l'existence d'une différenciation somato-germinale. Les masses syndiniennes avec leurs noyaux haploïdes pourraient être simplement l'haplonte, et le Radiolaire le diplonte d'un cycle alternant où le premier serait parasite du second. Il n'est pas jusqu'à l'isolement, chez les Polycyttaires, de celui-là dans le cytoplasme de celui-ci, dont on ne puisse trouver l'équivalent chez les Myxosporidies où les gamètes s'individualisent, au temps de la méiose, au sein du plasmode trophique. Mais interprétera-t-on ainsi l'apparition chez les Collodaires des éléments anisosporogénétiques, *avec leur cytoplasme*, à l'intérieur même de l'énorme noyau radiolarien, qui reste et demeure, jusqu'à sa destruction totale, absolument inerte? surtout quand on voit ce même noyau entrer en mouvement dès le début de l'isosoporogénèse !

D'ailleurs au cycle idéal ainsi construit, il manque les bases les plus

essentielles et il s'y oppose des objections dirimantes. Il y manque la notion d'une méiose et d'une mixie, non seulement dans le cas particulier, mais encore dans l'ensemble des Péridiniens et des Radiolaires, et chez les *Syndinium* mêmes, il n'y a aucun indice de leur existence. Il s'y oppose le fait que dans les meilleures figures, celles de Belár, hormis celles qui représentent des noyaux syndiniens, dans les figures d'isosporogénèse des Thalassicolles par exemple, on compte au moins 20 chromosomes, soit au moins quatre fois le nombre haploïde syndinien. Il s'y oppose enfin le fait que, malgré les similitudes de groupe signalées plus haut, ceux des noyaux radiolariens qui ressemblent le plus aux noyaux syndiniens, ceux des Polycyttaires, en diffèrent encore tant que l'on ne peut attribuer les uns et les autres au même organisme. A toutes ces hypothèses, difficultés et invraisemblances, la thèse parasitaire substitue l'explication immédiate et objective de tous les faits observés et leur coordination avec tout ce que l'on sait des Syndinides.

M. **G. Urbain** fait hommage à l'Académie de fascicules des *Actualités scientifiques et industrielles. Théories chimiques*, publiées sous sa direction :

I et II. *La coordination des atomes dans la molécule et la symbolique chimique*, par G. Urbain.

III. *Spectres d'absorption visibles et ultraviolets des solutions. Technique de leur emploi au laboratoire de Chimie*, par M. Chatelet.

IV. *La structure de la cellulose dans ses rapports avec la constitution des sucres*, par G. Champetier.

V. *Mécanique quantique et Chimie*, par G. Allard.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *E. Quénu* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 52,

| | | |
|---|---|---|
| M. Antonin Gosset | obtient | 26 suffrages |
| M. Henri Hartmann | » | 14 » |
| M. Jean-Louis Faure | » | 12 » |

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 52,

| | | |
|---|---|---|
| M. Antonin Gosset | obtient | 31 suffrages |
| M. Henri Hartmann | » | 15 » |
| M. Jean-Louis Faure | » | 6 » |

M. **Antonin Gosset**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

## CORRESPONDANCE.

MM. **Abel Gruvel**, **Louis Roule** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section d'Économie rurale par le décès de MM. *A. Calmette* et *E. Roux*.

### CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Les moments des distributions finales de la $m^{ième}$ valeur.* Note de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. J. Hadamard.

Pour une distribution initiale $w(x)$ illimitée dans les deux sens et pour un grand nombre N d'observations, la distribution finale de la $m^{ième}$ valeur peut être écrite d'une manière symbolique

$$(1)\qquad \mathfrak{w} = \frac{m^m}{(m-1)!}\,\alpha\, e^{\mp my - me^{\mp y}},$$

formule dont on tire les distributions de la $m^{ième}$ valeur d'en haut et d'en bas par les substitutions que nous avons décrites dans une Communication précédente [1].

Pour calculer les $n^{ièmes}$ moments autour des espérances mathématiques, il suffit de calculer les $n^{ièmes}$ moments de la $m^{ième}$ valeur d'en haut, qui seront exprimés au moyen de $y_m$,

$$(2)\qquad \alpha_m^n \mu_{n,m} = \frac{m^m}{(m-1)!}\int_{-\infty}^{+\infty} (y-\bar{y})^n e^{-(m-1)y - me^{-y}} e^{-y}\, dy,$$

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 33.

formule dans laquelle nous avons écrit $y$ au lieu de $y_m$. En introduisant une nouvelle variable d'intégration par

$$(3) \qquad e^{-y} = \frac{z}{m},$$

on obtient

$$x_m^n \mu_{n,m} = \frac{(-1)^n}{(m-1)!} \int_0^\infty (\log z - \log m + \bar{y})^n z^{m-1} e^{-z} dz,$$

ce qui peut être écrit

$$x_m^n \mu_{n,m} = \frac{(-1)^n}{\Gamma(m)} \left( \frac{d^n}{dp^n} e^{(p-1)(\bar{y}-\log m)} \int_0^\infty z^{m-1+p-1} e^{-z} dz \right)_{p=1}.$$

En introduisant la fonction Gamma et en posant pour la variable de cette fonction $p = 1 + x$, le $n^{\text{ième}}$ moment de la distribution finale de la $m^{\text{ième}}$ valeur d'en haut devient

$$x_m^n \mu_{n,m} = \frac{(-1)^n}{\Gamma(m)} \left[ \frac{d^n}{dx^n} e^{x(\bar{y}-\log m)} \Gamma(m+x) \right]_{x=0}.$$

En introduisant enfin

$$(4) \qquad e^{x(\bar{y}-\log m)} \frac{\Gamma(m+x)}{\Gamma(m)} = \varphi(x),$$

on obtient

$$(5) \qquad x_m^n \mu_{n,m} = (-1)^n \varphi_0^{(n)}.$$

Réduisons ces $n^{\text{ièmes}}$ dérivées aux $n^{\text{ièmes}}$ dérivées logarithmiques. On aura

$$(6) \qquad \varphi^{(n)} = \sum_{\nu=0}^{n-1} \binom{n-1}{\nu} \varphi^{(\nu)} \log^{(n-\nu)} \varphi.$$

Mais les valeurs des dérivées logarithmiques de notre fonction sont connues par la théorie des fonctions Gamma. En effet

$$(7) \qquad \log' \varphi(0) = \bar{y} - \log m + \left[ \frac{d \log \Gamma(m+x)}{dx} \right]_{x=0}$$

s'évanouit, tandis que pour $\lambda \geqq 1$, on aura

$$\log^{(\lambda+1)} \varphi(x) = \log^{(\lambda+1)} \Gamma(m+x) = \frac{d^{(\lambda+1)}}{dx^{(\lambda+1)}} \sum_{\nu=1}^{m-1} \log(\nu+x) + \log^{(\lambda+1)} \Gamma(1+x).$$

En introduisant les dérivées logarithmiques de la fonction Gamma, on obtient

$$\log^{(\lambda+1)} \varphi(0) = (-1)^\lambda \lambda! \sum_{\nu=1}^{m-1} \frac{1}{\nu^{\lambda+1}} - (-1)^\lambda \lambda! \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{1}{\nu^{\lambda+1}},$$

ce que nous allons écrire

$$\log^{(\lambda+1)}\varphi(0) = (-1)^{\lambda+1}\lambda!\,S_{\lambda+1,m}, \tag{8}$$

en posant

$$\sum_{\nu=m}^{\infty}\frac{1}{\nu^{\lambda+1}} = S_{\lambda+1,m}.$$

En introduisant ces valeurs (7) et (8) dans la somme (6), on obtient, à l'aide de (5),

$$\alpha_m^n\mu_{n,m} = (-1)^n(n-1)!\sum_{\nu=0}^{n-2}(-1)^{\nu+n-\nu}\frac{\alpha_m^\nu\mu_{\nu,m}}{\nu!}S_{n-\nu,m}.$$

En séparant les deux premiers membres, pour lesquels on a naturellement $\mu_{0,m}=1$, $\mu_{1,m}=0$, on obtient finalement

$$\alpha_m^n\mu_{n,m} = (n-1)!\,S_{n,m} + (n-1)!\sum_{\nu=2}^{n-2}\frac{\alpha_m^\nu\mu_{\nu,m}S_{n-\nu,m}}{\nu!}. \tag{9}$$

Pour $m=1$ on aura $S_{\lambda,m}=S_\lambda$, et la formule donne les moments de la distribution finale de la dernière valeur. Quant aux moments de la distribution finale de la $m^{\text{ième}}$ valeur d'en bas, on les obtient en remplaçant $\alpha_m$ par ${}_m\alpha$. A cela près, le second membre de (9) reste le même pour les moments d'ordre pair et change de signe pour les moments d'ordre impair. En particulier, l'écart type $\sigma_m=\sqrt{\mu_{2,m}}$ des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs d'en haut et d'en bas sera

$$\alpha_m\sigma_m = {}_m\alpha\,{}_m\sigma = \sqrt{S_{2,m}}. \tag{10}$$

Donc les moments des distributions finales des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs d'en haut et d'en bas peuvent être dérivés par un procédé exactement analogue au calcul des moments des distributions finales de la dernière et de la première valeur.

## TOPOLOGIE. — *Les groupes de Betti en un point.*

Note (1) de M. **Paul Alexandroff**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Les nombres de Betti *autour d'un point* que j'ai introduits (2) ne donnent qu'une information très incomplète sur la structure locale d'un ensemble fermé. Pour aller plus loin, des notions nouvelles sont nécessaires.

---

(1) Séance du 15 janvier 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 227.

Soit J un champ de coefficients [1] quelconque. Désignons par $Z_a^r$ le groupe formé de tous les cycles mod$[F - U(a)]$, à $r$-dimensions, de F, le voisinage $U(a)$ étant un voisinage quelconque de $(a)$ (variant avec le cycle en question). Dans $Z_a^r$, un sous-groupe $H_a^r$ est constitué par les cycles relatifs $Z^r$ vérifiant la condition suivante : il existe, pour $Z^r$, un voisinage $V(a)$ tel que $Z^r \sim 0$ mod$[F - V(a)]$. Le groupe complémentaire « Faktorgruppe » à $H_a^r$ par rapport à $Z_a^r$ sera désigné par $B_a^r$ (donc $B_a^r = Z_a^r/H_a^r$); c'est le $r^{\text{ième}}$ *groupe de Betti de* F *au point a* (groupe de Betti correspondant au champ des coefficients J). Si J est le groupe (additif) des nombres rationnels, on est conduit à la notion de $r^{\text{ième}}$ *nombre de Betti de* F *au point a*; ce nombre sera désigné par $\bar{p}^r(a, F)$.

2. Écrivons, pour un élément $z^r$ de $z_a^r$, $z^r \underset{a}{\equiv} 0$ (dans F) s'il existe, pour tout voisinage $V(a)$, une décomposition $z^r = c_1^r + c_2^r$ vérifiant les conditions suivantes :

1° $c_1^r$ est contenu dans $V(a)$;

2° le point $a$ est à distance positive de $c_2^r$;

3° on peut choisir le voisinage $V'(a) < V(a)$ d'une telle manière que la frontière de $c_1^r$ soit homologue à zéro dans $\bar{V}(a) - V'(a)$.

Les $z^r \underset{a}{\equiv} 0$ forment un groupe $A_a^r$ et l'on voit sans peine que ce groupe contient $H_a^r$ comme sous-groupe.

Le groupe $P_a^r = Z_a^r/A_a^r$ sera appelé *groupe du passage r-dimensionnel* de l'ensemble F au point $a$. Si J est le groupe des nombres rationnels, on considérera le rang du groupe $P_a^r$ sous le nom d'*ordre de passage*, $\pi^r(a, F)$ au point $a$.

3. Cela posé, on a d'abord les résultats suivants :

I. $$p^r(a, F) \geq \bar{p}^r(a, F) \geq \pi^r(a, F).$$

II. *Si, au point a, l'ensemble* F *n'a pas de condensation r-dimensionnelle (par rapport au champ* J), *les groupes* $B_a^r$ *et* $P_a^r$ *sont isomorphes.*

II'. *S'il n'y a pas, dans a, de condensation ordinaire* (par rapport au groupe des nombres rationnels), *on a* $p^r(a, F) = \bar{p}^r(a, F) = \pi^r(a, F)$.

Le dernier résultat subsiste en particulier si $p^r(a, F)$ est fini.

4. Nous dirons que le point $a$ de l'ensemble fermé F est *intérieur* à F par rapport à J et au nombre de dimensions $r$, s'il existe un sous-ensemble

---

[1] P. ALEXANDROFF, *Fundamenta Mathematicae*, 20, 1933, p. 140.

fermé $F' \supset a$ de F et un nombre naturel $r' > r$ tels que le groupe $P_a^{r'}$ de F (construit pour J) est différent de zéro.

III. *Pour les ensembles fermés de l'espace euclidien à n dimensions, les points intérieurs par rapport à n (et à n'importe quel* J) *coïncident avec les points intérieurs au sens élémentaire.*

IV. *Si la dimension de* F (par rapport à J) (¹) *est r, l'ensemble des points intérieurs de* F (par rapport à *r* et J) *a la puissance du continu; tous les autres points de* F *forment un ensemble dont tout sous-ensemble fermé est au plus de la dimension* $r-1$.

*Remarque.* — Pour le cas de la dimension ordinaire (au sens de Brouwer-Urysohn-Menger), on prendra pour J le groupe $R_1$ des nombres rationnels réduits d'après le module 1.

V. *Si* F *est une courbe cantorienne (au sens d'Urysohn)* (²) *localement connexe, les points intérieurs de* F (par rapport à 1) *coïncident avec les points dont l'indice de ramification est supérieur à l'unité.*

Je tiens à remarquer que M. Borsuk a introduit, dans une Note récente (³), une définition des points intérieurs basée sur des considérations entièrement différentes des nôtres, mais qui jouit de mêmes propriétés III-V; il serait intéressant de savoir si les deux définitions sont équivalentes. La définition de M. Borsuk se rapporte d'ailleurs seulement au cas de la dimension brouwerienne. Une autre question à résoudre serait la suivante: *Un point intérieur par rapport à un groupe abélien J quelconque est-il aussi intérieur par rapport à* $R_1$?

TOPOLOGIE. — *Sur le caractère topologique des représentations conformes.* Note (⁴) de M. **B. de Kerékjártó**, présentée par M. Élie Cartan.

Le problème de caractériser les représentations conformes par des propriétés topologiques a été posé par M. Brouwer (⁵) et repris par l'auteur (⁶). Concernant les représentations conformes et biunivoques des surfaces

(¹) P. Alexandroff, *loc. cit.*

(²) Voir par exemple Urysohn, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 481.

(³) *Ergebnisse eines mathematischen Kolloquiums* (publiés par M. Menger), 49, Kolloquium.

(⁴) Séance du 15 janvier 1934.

(⁵) L. E. J. Brouwer, *Het Wezen der Meetkunde*, Amsterdam, 1909, p. 19-20.

(⁶) B. de Kerékjártó, *Acta Litt. ac Scient.*, Szeged, 1, 1922, p. 53-54; B. de Kerékjártó, *Vorlesungen über Topologie*, 1, Berlin, 1923, p. 15.

fermées et orientables en elles-mêmes, j'ai été conduit à la solution définitive suivante du problème.

Soit d'abord S la surface d'une sphère et soit $t$ une transformation topologique (c'est-à-dire biunivoque et bicontinue) de S en soi-même conservant le sens d'orientation. La transformation $t$ est appelée *régulière* au point P, si *les puissances de $t$ sont uniformément continues au point* P; cela veut dire que pour $\varepsilon > 0$ arbitraire, il y a un $\delta > 0$ tel que pour chaque point Q dont la distance de P est inférieure à $\delta$, la distance des images $t^n(P)$ et $t^n(Q)$ est inférieure à $\varepsilon$, pour $n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$. Cette propriété sera évidemment conservée par une transformation topologique $\tau$ quelconque de la sphère en elle-même.

*La condition nécessaire et suffisante pour que $t$ soit homéomorphe d'une transformation linéaire est que $t$ soit régulière en tous les points de la sphère, excepté en un nombre fini de points, au plus.*

La transformation est homéomorphe d'une transformation elliptique, parabolique ou hyperbolique, selon que le nombre des points exceptionnels (ou *singuliers*) est égal à zéro, à 1 ou à 2. Entre les transformations hyperboliques et loxodromiques, il n'y a pas de différence topologique; elles n'ont pas d'invariants topologiques, non plus. Les transformations elliptiques ont un seul invariant, c'est le nombre de rotation de Poincaré.

La partie du théorème qui concerne les transformations paraboliques a été démontrée dans un Mémoire antérieur de l'auteur (1). Une démonstration du théorème ci-dessus sera publiée ailleurs Je vais signaler ici la marche de la démonstration qui est bien différente pour les trois cas.

I. Si $t$ est partout régulière, il y a au moins *deux* points invariants A et B. Soit $c$ une courbe simple et fermée séparant les points A et B; soit $c^n$ l'image de $c$ par $t^n$. L'ensemble des courbes $\{c^n\}$ $(n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$ détermine un domaine D contenant le point A; la frontière de D est une courbe fermée $\gamma$, au sens de Schœnflies; je démontre qu'elle est une courbe continue (image univoque et continue d'un intervalle); par conséquent $\gamma$ est une courbe simple et fermée (courbe de Jordan), invariante dans la transformation $t$. Si la transformation de $\gamma$ en soi-même engendrée par la transformation $t$ est périodique, alors $t$ est une transformation périodique sur la sphère entière, et donc elle est homéomorphe d'une rotation d'angle

(1) B. de Kerékjártó, *Annals of Math.*, 2e série, 27, 1925, p. 117; voir aussi une Note de l'auteur, *Über die fixpunktfreien Abbildungen der Ebene*, qui va paraître dans les *Acta Litt. ac Scient.*, 6.

$2k\pi/n$ (1). Mais si $t$ n'est pas périodique sur $\gamma$, les images successives d'un point quelconque de $\gamma$ forment un ensemble partout dense sur $\gamma$; à la transformation de $\gamma$ correspond un nombre irrationnel de rotation $\alpha$ d'après Poincaré. En construisant un faisceau de courbes simples et fermées $\{c\}$ se réduisant aux points A et B, il leur correspond un faisceau de courbes invariantes $\{\gamma\}$ se réduisant aux mêmes points. Pour toutes les courbes du faisceau $\{\gamma\}$ les nombres de rotation sont égaux. Deux courbes voisines ont un écart très petit; le faisceau $\{\gamma\}$ peut être transformé par une transformation topologique en un faisceau de cercles parallèles (2). Par cette transformation, à la transformation $t$ correspond une rotation de la sphère d'angle $2\pi\alpha$.

II. Si $t$ a un seul point singulier, ce point sera son seul point invariant et alors $t$ est homéomorphe d'une transformation parabolique (3).

III. Si la transformation $t$ a deux (ou plus de deux) points singuliers, il y a un point régulier $p$, au moins, dont les images successives n'admettent d'autres points d'accumulation que des points singuliers. Je démontre que les images successives de tout point régulier convergent vers le même point singulier et invariant F. Soit $c$ une courbe simple et fermée qui sépare F des autres points singuliers; il y a un nombre $n$ pour lequel $c^n$ est intérieur à $c$. Je construis au moyen de $c$ une autre courbe C simple et fermée telle que $C^1$ soit intérieure à C. Les courbes C, $C^1$, $C^2$, ..., forment une suite monotone qui converge vers F; les courbes $C^{-1}$, $C^{-2}$, ... convergent vers un autre point singulier et invariant $F_1$. Ce sont les seuls points singuliers de $t$. La transformation $t$ est homéomorphe d'une transformation hyperbolique ou loxodromique quelconque.

Soit ensuite S une surface fermée et orientable de genre $p > 0$, et soit $t$ une transformation topologique de S en soi-même. On définit la régularité de $t$ en un point de S de la même façon que pour la sphère, et l'on obtient le théorème suivant :

*La condition nécessaire et suffisante pour que t soit homéomorphe d'une représentation conforme est que t soit régulière en tout point de* S.

On déduit ce théorème de la caractérisation des transformations linéaires en se servant de la surface de recouvrement à connexion simple de S.

Mentionnons quelques autres applications de la notion de régularité.

(1) Voir B. de Kerékjártó, *Vorlesungen über Topologie*, 1, 1923, p. 224.

(2) Voir B. de Kerékjártó, *Vorlesungen über Topologie*, 1, 1923, p. 241 et suiv.

(3) *Loc. cit.* (note de la page 318).

D'une part, on peut caractériser d'une façon simple les groupes des géométries planes à l'aide de cette notion. D'autre part, on peut déterminer la condition pour qu'une transformation puisse être plongée en un groupe continu d'ordre un; cette condition concerne la distribution des points singuliers. En général, une transformation topologique du plan conservant le sens d'orientation, même si elle n'admet pas de point invariant, ne peut pas être plongée en un groupe continu; j'en ai construit un exemple.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation biharmonique à deux variables indépendantes.* Note [1] de M. **A. Rosenblatt**.

1. Envisageons l'équation biharmonique à deux variables indépendantes

$$\Delta\Delta u = F(x, y, u, \ldots, u_{yy}), \tag{1}$$

et proposons-nous d'appliquer la méthode des approximations successives de M. Picard en suivant M. Boggio pour obtenir une intégrale s'annulant, ainsi que sa dérivée normale, sur le contour C d'un domaine borné D. On suppose C à tangente continue. F est continu comme fonction de tous les arguments et satisfait à une condition de Hölder comme fonction de $x, y$. On a, de plus, la condition généralisée de Lipschitz

$$\begin{aligned} |F(x, y, u', \ldots, u'_{yy}) - F(x, y, u, \ldots, u_{yy})| \\ \leqq \frac{A_1}{\delta^4}|u' - u| + \frac{A_2}{\delta^3}\{|u'_x - u_x| + |u'_y - u_y|\} \\ + \frac{A_3}{\delta^2}\{|u'_{xx} - u_{xx}| + |u'_{xy} - u_{xy}| + |u'_{yy} - u_{yy}|\}, \end{aligned} \tag{2}$$

$\delta$ étant la distance du point $P(x, y)$ de D de la frontière C.

Représentons D, sur le cercle $K_1$ de rayon R, au moyen de la fonction $z = w_1(z_1)$ en supposant qu'on a les inégalités

$$\left\{\begin{aligned} & 0 < \alpha < |w'_1(z_1)| = H < \beta, \qquad |w''_1| \leqq \frac{\gamma}{R}, \qquad |w'''_1| \leqq \frac{\delta}{R^2}, \\ & |S(z)| = \left|\frac{z'''_1}{z'_1} - \frac{3}{2}\left(\frac{z''_1}{z'_1}\right)^2\right| \leqq \frac{\varepsilon}{R^2}. \end{aligned}\right. \tag{3}$$

Posons

$$u(x, y) = u_2(x_1, y_1)H, \tag{4}$$

---

[1] Séance du 15 janvier 1934.

on obtient (Levi-Civita) l'équation

$$(5)\qquad \begin{aligned}\Delta'\Delta' u_2 &= -4(u_{2x_1x_1} - u_{2y_1y_1})\,R(S) + 8\,u_{2x_1y_1}\,I(S) - 4\,u_2|S|^2 + H^3F \\ &= T(x_1, y_1, u_2, \ldots, u_{2y_1y_1}),\end{aligned}$$

R et S sont les parties réelle et imaginaire de $S(z)$.

2. Appliquons à (5) le procédé des approximations successives de M. Picard en formant les intégrales

$$(6)\qquad \left\{ \begin{aligned} u_2^n(x_1, y_1) = \frac{1}{8\pi}\int_{K_1} G_2(x_1, y_1; \xi_1, \eta_1)\,T[\xi_1, \eta_1, u_2^{n-1}(\xi_1, \eta_1)\ldots]\,d\xi_1\,d\eta_1 \\ (n = 1, 2, \ldots), \end{aligned} \right.$$

où $G_2$ est la fonction de Green (Lauricella, Boggio). Supposons les $u, u_x, \ldots$ astreintes à satisfaire aux inégalités

$$(7)\qquad |u| \leqq L; \qquad |u_x|,\quad |u_y| \leqq \frac{L'}{d}; \qquad |u_{xx}|,\quad |u_{xy}|,\quad |u_{yy}| \leqq \frac{L''}{d^2},$$

où $d$ est le diamètre de D et déterminons les nombres $\overline{L}$, $\overline{L}'$, $\overline{L}''$ de manière à satisfaire aux inégalités

$$(8)\qquad \overline{L} \leqq \frac{L}{\beta}, \qquad \overline{L}' + \overline{L}\frac{\gamma}{\alpha} \leqq \frac{L'}{\sqrt{2}.h}, \qquad \overline{L}'' + 4\overline{L}'\frac{\gamma}{\alpha} + \overline{L}\left(\frac{\delta}{\alpha} - 2\frac{\gamma^2}{\alpha^2}\right) \leqq \frac{\alpha}{2h^2}L'' \qquad \left(h = \frac{d}{R}\right).$$

Soient N le module maximum de F et $\overline{N}$ le nombre

$$(9)\qquad \overline{N} = \beta^3 N + 16\frac{\overline{L}''}{R^4}\varepsilon + 4\frac{\overline{L}}{R^4}\varepsilon^2.$$

On pourra déterminer la suite (6) pourvu que l'on ait les inégalités

$$(10)\qquad \overline{N}\frac{R^4}{6^4} \leqq \overline{L}, \qquad \overline{N}R^4 \leqq \overline{L}', \qquad \overline{N}R^4\frac{280}{3} \leqq \overline{L}'',$$

ce qui aura lieu lorsque $\varepsilon$ est petit.

3. Formons maintenant les différences

$$(11)\qquad v_2^n = u_2^n - u_2^{n-1} \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

et soit

$$(12)\qquad |T(x_1, y_1, u_2^1, \ldots) - T(x_1, y_1, u_2^0, \ldots)| \leqq \frac{M_1}{\delta_1^{2-m}},$$

$M_1 > 0$, $0 < m < 1/2$, $\delta_1$ distance de $P_1(x_1, y_1)$ de la circonférence $C_1$

du cercle $K_1$. On a les inégalités

$$(13)\qquad |\varphi_2^n| \leqq \frac{1}{8\pi} A M_1 \delta_1^{2-m},$$

$$(14)\qquad |\varphi_{2x_1}^n|, \quad |\varphi_{2y_1}^n| \leqq \frac{1}{8\pi} B M_1 \delta_1^{1-m},$$

$$(15)\qquad |\varphi_{2x_1x_1}^n|, \quad |\varphi_{2x_1y_1}^n|, \quad |\varphi_{2y_1y_1}^n| \leqq \frac{1}{8\pi} C M_1 \delta_1^{-m},$$

où l'on a

$$(16)\qquad \begin{cases} A = \pi\left\{\dfrac{20m+12}{3m(1+m)} - \dfrac{40-28m}{3(2-m)(1-m)}\right\}, \qquad B = 384\dfrac{1-m}{m(1-2m)}, \\ C = 112\dfrac{2^{3-m}}{m(1-m)}, \end{cases}$$

(14), (15) perfectionnent les inégalités précédemment données par moi.

La suite des approximations successives converge absolument et uniformément, pourvu que l'on ait l'inégalité

$$(17)\qquad \frac{1}{8\pi}(A\overline{A}_1 + 2B\overline{A}_2 + 3C\overline{A}_3) < 1,$$

$$(18)\qquad \begin{cases} \overline{A}_1 = A_1\dfrac{\beta^4}{\alpha^4} + 4A_2\dfrac{\beta^3\gamma}{\alpha^4} + 3A_3\dfrac{\beta^3(3\alpha\delta + 5\gamma^2)}{\alpha^5} + 4\varepsilon^2, \\ \overline{A}_2 = 2A_2\dfrac{\beta^2}{\alpha^2} - 18A_3\dfrac{\beta^2\gamma}{\alpha^3}, \\ \overline{A}_3 = 3A_3\dfrac{\beta^2}{\alpha^2} - 8\varepsilon, \end{cases}$$

(17) aura lieu pour ε petit.

4. On peut généraliser ces résultats aux équations *m*-harmoniques. D'autre part, on peut étudier au moyen des équations intégrales le cas d'un domaine D qui ne satisfait pas aux restrictions de cette Note. Je me propose de revenir sur ces sujets.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions de moyenne carrée sommable.* Note de M. **Chadenson**, présentée par M. Hadamard.

Lorsqu'on veut étendre les résultats acquis pour les fonctions de carré sommable définies sur un intervalle fini, on est conduit à la définition suivante :

Une fonction définie sur l'intervalle $(-\infty, +\infty)$ sera dite de *moyenne carrée sommable* si l'intégrale suivante, entendue au sens de Lebesgue, existe

et est finie :

$$\lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T}\int_{-T}^{+T} |f(x)|^2 dx = M\{[\overline{f(x)}]\}.$$

De telles fonctions peuvent être représentées à l'aide d'un spectre discontinu superposé à un spectre continu.

Par une analyse utilisant les fonctions $e^{i\lambda x}$ de moyenne carrée sommable (et de mesure 1) analogue à celle utilisée par Bohr pour les fonctions presque périodiques (*Acta Mathematica*, 45, p. 29-127), on peut définir des coefficients

$$M\{f(x)e^{-i\lambda x}\} = A(\lambda)$$

qui conduisent à une série de Dirichlet correspondant à une fonction presque périodique :

$$f(x) \sim \sum_0^\infty A_n e^{i\Lambda_n x} = \pi(x).$$

On a unicité du développement avec la relation fondamentale

$$M\{\overline{f(x)^2}\} = \sum_0^\infty \overline{A}_n^2.$$

La différence $f(x) - \pi(x) = g(x)$ est alors une fonction d'un type spécial dite de moyenne carrée nulle. Pour de telles fonctions, par une généralisation de l'intégrale de Fourier, on définit une fonction coefficient

$$\gamma(u) = \lim_{T\to\infty}\int_{-T}^{+T} g(x)e^{-iux}dx,$$

elle-même de moyenne carrée nulle avec la relation

$$g(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} g(x)e^{-iu(x-t)}du\,dx.$$

On a ainsi, pour toute fonction de moyenne carrée sommable, une décomposition qui est d'ailleurs unique en deux fonctions correspondant l'une à un spectre discontinu, l'autre à un spectre continu.

Cette décomposition permet dans l'espace des fonctions de moyenne carrée sommable, dit espace ($\omega$), de définir une distance, nombre «complexe»,

$$\left[\left[M\{[f_1(x) - f_2(x)]^2\}\right]^{\frac{1}{2}}, \left[\int_{-\infty}^{+\infty}[g_1(x) - g_2(x)]^2 dx\right]^{\frac{1}{2}}\right],$$

qui jouit des trois propriétés fondamentales de la distance.

On peut ensuite définir le voisinage, la convergence et aboutir à une généralisation du théorème de Bolzano-Weierstrass.

Dans cet espace les « opérateurs » les plus importants sont ceux qui généralisent les transformations intégrales linéaires (équations intégrales de première espèce) de l'espace $\Omega$

$$f(s) = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} K(st)\, g(t)\, dt.$$

Cela nécessite une définition pour le noyau $K(st)$, symétrique ou non, des fonctions de moyenne carrée sommable de deux variables.

On obtient des résultats totalement analogues à ceux d'une variable, avec spectre discontinu ponctuel à deux dimensions (fonctions presque périodiques à deux variables de M. Bochner) et spectre continu plan.

L'analyse de cette transformation conduit aux résultats importants suivants :

Le spectre discontinu de $f(s)$ est le « transformé » du spectre discontinu de $g(t)$ par celui de $K(st)$ dans le sens suivant : si une fréquence de $g(t)$ coïncide avec une fréquence du paramètre $t$ de $K(st)$, alors $f(s)$ possède toutes les fréquences du paramètre $s$ de $K(st)$.

Le spectre continu de $f(s)$ est également le « transformé » du spectre continu de $g(t)$ par celui de $K(st)$ dans le sens

$$\varphi(s) = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} K(st)\, \gamma(t)\, dt.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une nouvelle classe quasi-analytique de fonctions indéfiniment dérivables.* Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. J. Hadamard.

Le théorème de M. Carleman, qui complète celui de M. Denjoy, s'énonce de la manière suivante :

*Considérons la classe des fonctions indéfiniment dérivables, vérifiant les inégalités*

$$(1) \qquad |\varphi^{(n)}(t)| < K^n m_n \qquad (o \leqq t \leqq o;\ n = 0, 1, \ldots),$$

*où la suite* $\{m_n\}$ *est donnée, la constante* K *variant avec* $\varphi(t)$.

La condition nécessaire et suffisante pour que, de

$$(2) \qquad \varphi^{(n)}(0) = 0 \qquad (n = 0, 1, \ldots),$$

résulte que $\varphi(t)$ est identiquement nulle dans $(0, a)$, est que la série

(3) $$\sum \frac{1}{\beta_n^*},$$

où

(4) $$\beta_n^* = \text{borne infér. de } \sqrt[n+h]{m_{n+h}} \qquad (h = 0, 1, \ldots)$$

soit divergente.

L'expression « condition nécessaire » doit être comprise de la manière suivante : si (3) converge, on peut construire une fonction $\varphi(t)$ vérifiant (1) et (2) et non identiquement nulle.

Toute classe de fonctions vérifiant (1) sera dite classe $C_{\{m_n\}}$. La divergence de la série (3) est donc la condition nécessaire et suffisante pour que la classe $C_{\{m_n\}}$ soit quasi analytique.

En posant $a = 2\pi$, nous démontrons qu'à chaque classe $C_{\{m_n\}}$, *même lorsque* (3) *converge* (¹), on peut faire correspondre un nombre $\sigma > 0$, tel que, si la fonction $\varphi(t)$ de cette classe possède la propriété (2) et si

(5) $$\varphi(t) \sim \sum_{i=1}^{\infty} (a_{n_i} \cos n_i t + b_{n_i} \sin n_i t),$$

l'exposant de convergence de la suite $\{n_i\}$ étant égal à $\sigma$, alors $\varphi(t)$ s'annule identiquement.

Nous désignons la classe des fonctions vérifiant (1) et (5), l'exposant de convergence de $\{n_i\}$ étant égal à $\sigma$, par $C^{\sigma}_{\{m_n\}}$.

Nous démontrons le théorème suivant :

*Soit $C^{\sigma}_{\{m_n\}}$ une classe de fonctions telle que*

(6) $$\frac{1}{\sigma} > \lim_{n=\infty} \frac{\log m_n}{n \log n}.$$

*Dans ces conditions, toute fonction de $C^{\sigma}_{\{m_n\}}$, telle que*

$$\varphi^{(n)}(0) = 0 \qquad (n = 0, 1, \ldots)$$

*est identiquement nulle.*

Si $\Sigma\, 1/\beta_n^*$ diverge, la condition (6) est superflue, en vertu du théorème de M. Carleman. Si, par contre, (3) converge, notre théorème fournit de nouvelles classes quasi analytiques de fonctions.

(¹) Sauf lorsque

$$\lim_{n=\infty} \frac{\log m_n}{n \log n} = \infty.$$

Il est d'ailleurs évident que $\sigma$ diminue lorsque la convergence de (3) devient plus rapide.

Nous démontrons aussi le théorème suivant :

*Quel que soit l'entier* $P > 2$, *et quel que soit* $\varepsilon > 0$, *on peut indiquer une fonction* $\varphi_1(t)$, *non identiquement nulle dans* $(0, 2n)$, *telle que*

$$\varphi_1^{(n)}(0) = 0 \qquad (n = 0, 1, \ldots),$$

*cette fonction appartenant à une classe* $C^{\sigma_1}_{\{m'_n\}}$, *telle que*

$$P - \varepsilon < \varliminf_{n=\infty} \frac{\log m'_n}{n \log n} \leq P$$

*et telle que*

$$\varlimsup_{n=\infty} \frac{\log m'_n}{n \log n} - \varepsilon < \frac{1}{\sigma_1} \leq \varlimsup_{n=\infty} \frac{\log m'_n}{n \log n}.$$

Ce dernier théorème prouve qu'à un certain point de vue, l'inégalité (6) qui fournit une condition suffisante de quasi-analyticité de la classe $C^{\sigma}_{\{m_n\}}$, ne peut pas être améliorée. La condition (6) est donc aussi, à ce même point de vue, la condition nécessaire de quasi-analyticité de $C^{\sigma}_{\{m_n\}}$. L'expression « condition nécessaire » a ici un sens semblable à celui de la même locution dans le théorème de M. Carleman.

La démonstration des théorèmes de cette Note s'appuie essentiellement sur les résultats établis dans une de mes Notes récentes concernant les séries de Fourier [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Étude mathématique du problème des époques glaciaires.* Note de M. **V. A. Kostitzin**, présentée par M. J. Hadamard.

1. Dans une Note antérieure [2], j'ai donné une étude mathématique d'une hypothèse sur l'origine des époques glaciaires. Je vais maintenant analyser une autre hypothèse concernant le même phénomène. Supposons qu'un bloc continental cylindrique d'épaisseur $h$ dépasse de $x$ le niveau du magma et supporte une couche de glace d'épaisseur $y$.

Supposons : 1° qu'il existe un niveau $l$ tel que la formation de glace au-dessous et la fonte de glace au-dessus de ce niveau soient impossibles; 2° $l$ est très petit par rapport aux dimensions du bloc, de sorte qu'on peut négliger

---

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1569.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1219-1224.

la fonte et la formation de glace sur la surface latérale de la couche; 3° pour $x > l$, la fonte ne se produit pas et $y'$ est proportionnel à la différence des niveaux $x+y$ et $l$ :

$$(1) \qquad y' = \varepsilon(x+y-l) \qquad (x > l);$$

4° pour $x < l < x+y$, la formation de glace se réalise sur la base supérieure et la fonte sur la base inférieure de la couche avec une vitesse proportionnelle aux différences de niveaux, ce qui donne

$$(2) \qquad y' = \varepsilon(x+y-l) - k(l-x) \qquad (x < l < x+y);$$

5° pour $x+y < l$, la fonte se réalise sur les deux bases de la couche; on a donc

$$(3) \qquad y' = -k(l-x) - k(l-x-y) \qquad (x+y < l);$$

6° pour $x_0 < l$, $y_0 = 0$, la couche de glace ne se rétablit pas et $y$ reste nul tant que $x < l$.

D'autre part, on peut écrire l'équation différentielle du mouvement vertical du bloc continental, en négligeant l'accélération et en tenant compte de la viscosité du magma, sous la forme suivante :

$$rx' = g\sigma(h-x) - gh\rho - g\eta y,$$

en appelant $\rho$ la densité du bloc, $\eta$ la densité de la glace, $\sigma$ la densité du magma, $r$ le coefficient de résistance, $g$ l'accélération de gravité. Cette équation prend la forme

$$(4) \qquad x' = na - nx - \tau y,$$

en posant $n = g\sigma/r$, $\tau = g\eta/r$, $a = h(1 - \rho/\sigma)$. On voit facilement que $a$ est le niveau correspondant à l'équilibre isostatique en l'absence de glace. Le coefficient $n$ est égal à $3\tau$, le niveau $a$ est plus élevé que $l$.

2. D'après ce qui précède, le demi-plan $(x, y \geqq 0)$ se subdivise en trois régions à régimes différents. La partie de l'axe $x$ correspondant à $x < l$ forme une quatrième région dans laquelle $y = 0$ et $x' = na - nx$. Choisissons comme état initial le point $(l, 0)$. On a $x'_0 = n(a-l) > 0$, donc $x$ croît, et le processus est régi par les équations (1) et (4). L'équation caractéristique de ce système, $m^2 + (n-\varepsilon)m + \varepsilon(\tau - n) = 0$, a ses racines réelles de signes différents. $x$ croît jusqu'à l'intersection de la courbe représentative $(x, y)$ avec la droite $na - nx - \tau y = 0$, et décroît ensuite; $y$ continue de croître; enfin la courbe coupe la droite $x = l$. A partir de ce moment, on a $x < l < x+y$, et le processus est régi par les équations (2) et (4).

Supposons que l'équation caractéristique de ce système

$$m^2 + (n - \varepsilon)m + \tau\varepsilon + \tau k - \varepsilon n = 0$$

ait des racines complexes, et que les droites

$$na - nx - \tau y = 0, \qquad x(\varepsilon + k) + \varepsilon y - l(\varepsilon + \theta) = 0$$

se coupent dans la même région ($x < l < x + y$). Dans ces conditions, $y$ croît jusqu'à intersection avec la droite $y' = 0$ et décroît ensuite; $x$ décroît jusqu'à intersection avec la droite $x' = 0$ et croît ensuite. Le point $(x, y)$ contourne le point d'intersection des droites $x' = 0$, $y' = 0$ et passe dans la troisième région ($x + y < l$) où le processus est régi par les équations (3) et (4). L'équation caractéristique de ce système

$$m^2 + (n - k)m + k(2\tau - n) = 0$$

a ses racines réelles de signes différents. En choisissant convenablement les coefficients, on peut assurer l'intersection de la courbe $(x, y)$ avec l'axe $x$ en un point d'abscisse $s < l$. En ce moment, la glace disparaît et le mouvement est régi par l'équation $x' = na - nx > 0$; là commence une époque interglaciaire qui dure jusqu'au moment où $x$ redevient égal à $l$; le cycle se trouve fermé et un nouveau cycle s'amorce. Le processus est stable : n'importe quel état initial au voisinage de cette courbe fermée nous ramène, *au bout d'un temps fini*, exactement à cette même courbe.

3. En ce qui concerne le côté numérique du problème, on possède un ensemble de données suffisant pour indiquer l'ordre de la durée totale du cycle. D'après mes calculs préalables, cette période est de l'ordre de $6.10^5$ années, dont un tiers est occupé par l'époque interglaciaire.

THÉORIE DES GROUPES CONTINUS. — *Sur les groupes abéliens continus.* Note [1] de M. **L. Pontrjagin.**

1. Je me propose, dans la présente Note, de donner une analyse de la structure des groupes abéliens localement compacts au point de vue de l'*Analysis situs* [2].

---

[1] Séance du 15 janvier 1934.

[2] Il s'agit donc de groupes *topologiques*, c'est-à-dire des groupes dont l'ensemble d'éléments forme un espace topologique tel que $z = x + y$ et $-x$ sont des fonctions continues de $x$ et de $y$. Un espace topologique s'appelle d'après M. Alexandroff *localement compact*, si tout point y possède un voisinage qui, augmenté de ses points limites, est compact (en soi).

Désignons par K le groupe cyclique continu, c'est-à-dire le groupe formé de toutes les rotations d'une circonférence. $\Gamma$ étant un groupe abélien discret ne contenant qu'une infinité dénombrable d'éléments, désignons par $\chi$ l'ensemble de toutes les représentations homomorphes (= méroèdriquement isomorphes) de $\Gamma$ dans K. *L'ensemble $\chi$ est un groupe abélien* si l'on y définit comme il suit l'opération d'addition : $\alpha$ et $\beta$ étant deux éléments de $\chi$, on définit comme $\alpha+\beta$ la représentation homomorphe faisant correspondre à tout élément $g$ de $\Gamma$ l'élément $\alpha(g)+\beta(g)$ de K. Le groupe abélien $\chi$ devient un groupe topologique compact si l'on pose $\lim \alpha_i = \alpha$ dans le cas et (dans le cas seulement) où $\lim \alpha_i(g) = \alpha(g)$, quel que soit l'élément $g$ de $\Gamma$. J'ai introduit le groupe $\chi$ sous le nom du *groupe des caractères du groupe* $\Gamma$ dans ma conférence présentée au Congrès International de Mathématiciens, Zurich, septembre 1932 [1].

Soit maintenant $\Gamma$ un groupe topologique abélien, compact, séparable. L'ensemble U de toutes les représentations homomorphes (et continues) de $\Gamma$ dans K peut être considéré, lui aussi, comme un groupe abélien. Or, nous n'introduisons aucune relation de continuité dans le groupe U; ce sera donc un groupe discret; on s'aperçoit sans peine que le groupe U est au plus dénombrable; nous le désignons encore comme *groupe des caractères* (du groupe $\Gamma$).

2. Soient G un groupe discret, X le groupe (topologique) des caractères de G, H un sous-groupe quelconque de G, F un sous-groupe fermé de X. Nous désignons par N(X, H) l'ensemble des éléments $x$ de X tels que $x(h) = 0$ quel que soit l'élément $h$ de H. Nous désignons par N(G, F) l'ensemble de tous les éléments $g$ de G tels que $f(g) = 0$ quel que soit l'élément $f$ de F.

Cela posé, on démontre d'abord le lemme suivant :

Lemme I. — *Soit, dans les notations ci-dessus,* $H' = N(G, F)$, $F' = N(X, H)$. *On a alors* $F = N(X, H')$ *et* $H = N(G, F')$.

En appliquant les résultats de MM. Weyl et Peter [2] généralisés par M. Haar [2], pour les groupes topologiques localement compacts et séparables, on arrive au principe de dualité.

Principe de dualité. — *Le groupe des caractères du groupe des caractères d'un groupe donné* **G** *est isomorphe au groupe* **G**. Dans cet énoncé le

---

[1] *Verh. d. Internationalen Mathematiker-Kongresses*, Zurich, 1932, p. 195.

[2] Voir, pour références, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 238.

groupe **G** est un groupe abélien discret au plus dénombrable, ou bien un groupe abélien compact et séparable.

Il en résulte que *tout groupe abélien compact et séparable est isomorphe au groupe des caractères d'un groupe abélien discret au plus dénombrable* et qu'inversement, *tout groupe abélien discret au plus dénombrable est isomorphe au groupe des caractères d'un groupe compact et séparable.*

3. Le lemme suivant permet de passer des groupes compacts aux groupes localement compacts :

Lemme II. — *Tout groupe abélien localement compact, connexe et séparable* $\Psi$ *contient un sous-groupe* $\Delta$ *n'ayant dans* $\Psi$ *aucun élément-limite, et tel que le groupe* $\Psi/\Delta$ *est compact.*

En se basant sur les deux lemmes et sur le principe de dualité on obtient les résultats suivants :

Théorème I. — *Un groupe abélien localement compact, connexe et séparable se décompose en somme directe d'un groupe compact et d'un nombre fini de groupes dont chacun est isomorphe au groupe additif des nombres réels. Cette décomposition n'est d'ailleurs possible que d'une seule manière.*

Théorème II. — *Tout groupe abélien localement compact, séparable, connexe et localement connexe, est somme directe d'un nombre fini de groupes isomorphes au groupe additif de nombres réels et d'un nombre fini ou d'une infinité dénombrable de groupes isomorphes au groupe cyclique continu.*

Si le groupe en question est de dimension finie, le nombre de termes cycliques est, lui aussi, fini.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions moyenne-périodiques.* Note de M. **J. Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons, dans l'espace à $n$ dimensions, un domaine $D_0$, pouvant être de dimension inférieure à $n$, et un point O. Nous désignerons par $D_m$ le domaine déduit de $D_0$ par la translation qui amène le point O au point M, et par K(M, P) un noyau ne dépendant que de la position relative de M et P; enfin $f(M)$ étant une fonction du seul point M, nous poserons

$$\partial_M[f] = \int_{D_m} K(M, P) f(P)\, d\omega_P.$$

On suppose évidemment que cette opération a un sens. Cela étant, nous

dirons que $f(M)$ est une fonction *moyenne-périodique* relativement au noyau $K(M, P)$ et au domaine $D_0$, si $\delta_M[f]$ est identiquement nul quel que soit M.

Dans le cas des fonctions d'une variable, le seul que nous examinerons ici, la condition de moyenne-périodicité relativement au noyau $K(y-x)$ et à l'intervalle $(0, a)$ s'écrit encore

$$\delta_x[f] = \int_0^a K(\xi) f(x+\xi) \, d\xi \equiv 0.$$

Il pourra y avoir avantage à considérer le premier membre comme une intégrale de Stieltjes en écrivant

$$K(\xi) \, d\xi = d[(\xi)] :$$

*a*. Si l'on introduit la fonction entière

$$A(\lambda) = \delta_0[e^{\lambda\xi}],$$

qui a nécessairement une infinité de zéros : $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$, il est clair que les seules fonctions moyenne-périodiques exponentielles sont les fonctions

$$e^{\lambda_n x}.$$

Les nombres $\lambda_n$, en général complexes, ne sont pas quelconques; ils satisfont à une condition de convergence facile à former, et de plus leurs arguments admettent $\pm\pi/2$ comme valeurs limites.

*b*. Nous supposons dans ce qui suit les zéros $\lambda_n$ de $A(\lambda)$, tous simples. Il est aisé de modifier convenablement les formules qui vont suivre dans le cas contraire. Nous faisons de plus les hypothèses suivantes :

1° *la fonction $f(x)$, définie dans l'intervalle $(0, a)$, est à variation bornée; et*

$$\delta_0[f(\xi)] = 0;$$

2° *le noyau $K(x)$ est à variation bornée; sa partie continue est supposée absolument continue.*

On a alors le théorème suivant :

*La fonction $f(x)$ est développable dans l'intervalle $(0, a)$ en une série convergente d'exponentielles moyenne-périodiques :*

$$(1) \qquad f(x) \equiv \sum_n k_n e^{\lambda_n x} = \frac{1}{2}[f(x+0) + f(x-0)];$$

*les coefficients $k_n$ ayant pour expression*

$$k_n = \frac{1}{A'(\lambda_n)} \delta_0 \left[ \int_0^{\xi} e^{\lambda_n(\xi-\eta)} f(\eta)\, d\eta \right];$$

*la série obtenue est d'ailleurs uniformément convergente dans tout intervalle où $f(x)$ est continue.*

*c.* Le problème du prolongement « *en moyenne-périodique* » d'une fonction $f(x)$, donnée dans l'intervalle $(0, a)$ et y vérifiant la condition

$$\delta_0[f(\xi)] = 0,$$

se pose alors tout naturellement. On a d'abord le théorème suivant :

*Soit une fonction moyenne-périodique $f(x)$, définie de $-\infty$ à $+\infty$, à variation bornée dans tout intervalle fini; formons pour cette fonction la série* (1). *Il est à noter que le calcul des coefficients $k_n$ ne fait intervenir que les valeurs de la fonction dans l'intervalle* $(0, a)$. *Dans nos hypothèses actuelles cette série converge pour toute valeur finie de la variable et a pour somme $f(x)$, ou $1/2\,[f(x+0)+f(x-0)]$, si $f(x)$ n'est pas continue.*

Inversement, prenons une fonction $f(x)$ satisfaisant aux conditions du paragraphe $b$; et formons pour cette fonction la série (1). Dans tout intervalle où cette série converge uniformément elle a pour somme une fonction continue moyenne-périodique qui prolonge $f(x)$. Si par exemple la fonction $f(x)$ est continue dans l'intervalle $(0, a)$, et si tous les exposants $\lambda_n$ sont purement imaginaires, la série d'exponentielles converge certainement, uniformément dans tout intervalle fini, et a pour somme une fonction moyenne-périodique qui est en même temps presque périodique.

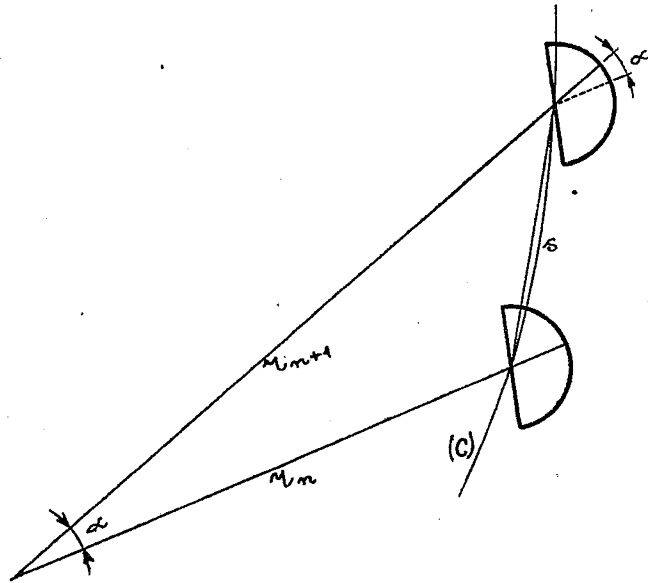
La condition de moyenne-périodicité permet d'ailleurs d'effectuer le prolongement, successivement dans les intervalles $(a, 2a)$; $(-a, 0)$, etc.; par résolution de certaines équations de Volterra de première espèce; il résulte alors du théorème que nous venons d'énoncer que, lorsque cette résolution est possible, la série (1) converge et a pour somme une fonction moyenne-périodique.

On voit que la théorie des fonctions moyenne-périodiques conduit à des séries de type exponentiel, plus générales que les séries de Dirichlet, et qui convergent dans des cas étendus.

MÉCANIQUE. — *Méthode de détermination de la trajectoire d'un corps en mouvement dans l'espace interplanétaire par un observateur lié au système mobile.* Note de M. **Ary J. Sternfeld**, présentée par M. Jean Perrin.

Pour déterminer la position et la vitesse d'un véhicule se mouvant dans l'espace interplanétaire [1], on peut appliquer la méthode suivante :

Soient (C) la trajectoire plane du mobile, $r_n$ et $r_{n+1}$ les rayons vecteurs, représentant les distances du Soleil de deux points de la trajectoire, et $\alpha$ l'angle compris entre ces vecteurs (voir figure).




L'arc de longueur $s$ qui sépare les deux points peut être confondu avec la corde qui le sous-tend, pourvu que $\alpha$ soit assez petit. Il est alors évident que, si l'on arrive à déterminer $r_n$, $r_{n+1}$ et $\alpha$ dans des intervalles de temps assez rapprochés, on sera en possession d'une méthode qui nous donnera la trajectoire avec une approximation dépendant de la fréquence des mesures.

Si la forme de la trajectoire est connue d'avance, comme c'est le cas d'un

---

[1] Ce problème a été discuté notamment par M. H. Oberth (*Wege zur Raumschiffhart*, München u. Berlin, 1929, p. 198) et M. R. Esnault-Pelterie (*L'Astronautique*, Paris, 1930, p. 173).

corps suffisamment éloigné des planètes et des satellites pour n'être pratiquement soumis qu'à l'attraction solaire (conique), la détermination d'un seul segment de la courbe suffira pour connaître toute l'orbite.

Remarquons qu'une telle méthode a l'avantage d'être indépendante de toute accélération à laquelle le véhicule pourrait être soumis.

La réalisation d'un appareil, répondant à cette méthode, pourrait se faire de la manière suivante :

1° les distances $r$ du Soleil peuvent être obtenues par la mesure de la température absolue d'équilibre T d'un corps à inertie thermique aussi faible que possible. En effet, en partant de la loi de Stefan-Boltzmann on trouve que $r$ est lié à T par la relation

$$r = \frac{K}{T^2},$$

où K est une constante, caractéristique du corps considéré;

2° la mesure des angles $\alpha$ peut être effectuée à l'aide d'un appareil dont les axes sont maintenus parallèles relativement à des axes absolus, moyennant un système gyroscopique. Cet appareil peut, en particulier, être constitué par une chambre noire qui permet d'établir l'inclinaison du plan de l'orbite du véhicule par rapport aux étoiles fixes, ce plan se confondant avec la surface balayée par les rayons solaires à l'intérieur de la chambre.

Il est bien entendu que la lecture des temps, s'écoulant entre deux mesures consécutives, donnera la vitesse moyenne sur le segment parcouru.

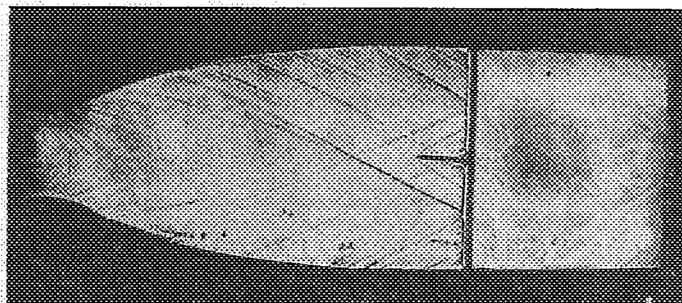
MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une soufflerie supersonique à grand coefficient de vitesse*. Note de M. **L. Santon**, présentée par M. Henri Villat.

Poursuivant mes recherches sur les souffleries supersoniques j'ai réalisé une soufflerie branchée sur la distribution d'air comprimé de la Ville de Paris. Le fluide arrive sous une pression (absolue) voisine de 4 kg/cm² dans une tuyère à section rectangulaire dont deux faces opposées sont constituées par deux glaces permettant l'étude de l'écoulement par la méthode des ombres; ces deux glaces s'appuient sur deux cales auxquelles on donne le profil désiré.

J'ai pu ainsi essayer une vingtaine de profils; les meilleurs sont très simple à déterminer : il suffit d'avoir après la gorge un élargissement assez

rapide et de passer ensuite à la section constante en évitant les concavités à grande courbure pour lesquelles les ondes de Mach ont une enveloppe susceptible de traverser la largeur de la tuyère et de se réfléchir sur les parois. A moins de soigner tout particulièrement le poli de la surface, les rugosités de cette dernière donnent naissance à des ondes de Mach qui, par leur inclinaison sur la vitesse, fournissent une première mesure du coefficient de vitesse.

L'épaisseur de la tuyère est $31^{mm}$, la largeur de la section d'utilisation est $66^{mm},5$, celle de la gorge $26^{mm}$; le rapport de la section d'expérience à la section minimum est 2,56, le coefficient de vitesse correspondant est, d'après la théorie classique, 2,47 (en fait, la tuyère avait été prévue pour donner 2,5). L'angle de Mach mesuré dans la section utile est 24°, ce qui donne pour le coefficient de vitesse $1/\sin 24° = 2,45$ avec une précision relative de l'ordre de 1/100.



Soufflerie supersonique avec prise de pression. Cliché obtenu par la méthode des ombres

Le cliché ci-dessus montre l'ombre de la tuyère où, en vue de contrôler les résultats précédents, a été introduite une prise de pression statique [déjà décrite ([1])]. L'introduction de la prise et de son support n'apporte aucune perturbation dans la distribution des vitesses en amont. La pression, constante dans toute la section d'utilisation, est 0,24 kg/cm²; dans la conduite en amont — où les dimensions sont suffisantes pour qu'on puisse y considérer l'air comme au repos — elle est 3,8 kg/cm²; ceci donne un rapport de pressions de 0,063 et le coefficient de vitesse correspondant est 2,45. Les trois procédés employés pour mesurer la vitesse : rapport des sections, angle de Mach, rapport des pressions, donnent donc des résultats tout à fait en accord.

---

([1]) L. Santon, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 525.

Il est intéressant de noter qu'après la section d'étude la pression dans la veine fluide remonte de 0,24 kg/cm² jusqu'à la pression atmosphérique, la majeure partie de ce gain s'effectuant d'ailleurs dans le passage des vitesses supersoniques aux vitesses subsoniques.

Les résultats obtenus avec ce dispositif permettent de prévoir les conditions à réaliser pour construire une soufflerie supersonique par aspiration à plusieurs égards préférable aux souffleries par détente : d'une part, en effet, les puissances à mettre en jeu sont considérablement plus faibles, d'autre part la section d'expérience appartenant au domaine amont bénéficie de la stabilité de l'air au repos et est indépendante des variations de régime du groupe moteur. Après la section d'utilisation, l'air reprend une vitesse subsonique et passe de 0,065 kg/cm² à 0,27 kg/cm². Le compresseur à prévoir pour refouler ensuite cet air dans l'atmosphère devrait — en admettant que la compression s'effectue adiabatiquement et que toute l'énergie dépensée soit finalement employée à élever la température de l'air — fournir une puissance utile de 300 kw pour une section de gorge de $1^{dm^2}$ correspondant à une section d'étude de $2^{dm^2},56$. Cela correspond (en admettant 0,6 comme rendement du groupe moteur-compresseur) à une puissance aux bornes de 500 kw.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'équilibrage mécanique des masses tournantes.* Note de M. L. COUFFIGNAL, présentée par M. d'Ocagne.

De nombreuses méthodes d'équilibrage mécanique d'une masse tournante (ou rotor) sont fondées sur la mesure de grandeurs attachées à certains mouvements vibratoires du rotor alourdi de *surcharges* connues. L'étude de ces méthodes nous a conduit aux résultats suivants, dont la justification détaillée dépasserait le cadre de cette Note.

I. *Équilibrage statique.* — On peut déduire la position et la masse du balourd statique de la mesure de l'*amplitude* des vibrations pendulaires du rotor sous l'action du balourd et d'une surcharge.

La vitesse de rotation restant faible, le frottement est négligeable ou de moment constant pour l'axe de rotation :

*a. Frottement négligeable : deux* mesures suffisent à déterminer le balourd.

*b. Frottement non négligeable : quatre* mesures suffisent à déterminer le balourd.

II. *Équilibrage dynamique.* — On peut déduire la position et la masse du balourd dynamique d'un rotor équilibré statiquement, de la mesure de la *différence de phase* entre la vibration d'un vibrateur lié à un palier et la position de la surcharge. Deux cas doivent être distingués, suivant la valeur de la vitesse angulaire $\omega$ de rotation du rotor à l'instant de la mesure :

*a.* $\omega$ est la *vitesse de résonance* du vibrateur : *deux* mesures suffisent à déterminer le balourd;

*b.* $\omega$ est une *vitesse quelconque* : *trois* mesures suffisent à déterminer le balourd.

III. *Calculs.* — Dans tous les cas :

*a.* le calcul se réduit à une *construction graphique très simple*, n'exigeant que règle, équerre et rapporteur;

*b.* cette construction détermine simultanément le balourd inconnu, et une *marge du balourd restant* après compensation de ce balourd (par addition du balourd opposé, ou enlèvement de matière).

IV. *Équilibrage complet. Précision de la méthode.* — Dans tous les cas :

*a.* Après une première détermination du balourd, *on peut*, au moyen d'abaques appropriés, *déterminer la position et le poids des surcharges de manière qu'une nouvelle et unique détermination du balourd épuise la sensibilité des appareils de mesure.*

Le balourd peut donc être déterminé avec le maximum de précision possible en 12 ou 14 mesures, comportant :

8 *mesures d'amplitude de vibrations pendulaires* du rotor;

4 ou 6 *mesures de différences de phase*, suivant que l'on opère à la vitesse de résonance ou à une vitesse quelconque. Ce dernier groupe de mesures, seul, exige le lancement du rotor à grande vitesse.

*b.* Le *balourd restant* est alors inférieur à $\sqrt{2}\mu R$, où $\mu$ désigne la marge de mesure des angles (amplitudes ou différences de phase) et R le plus petit balourd capable d'influencer les appareils de mesure.

Pour l'équilibrage statique, qui est le moins précis, la méthode permet de ramener le centre de gravité du rotor à $0^{mm},01$ de l'axe de rotation, en admettant pour paramètre de résistance au roulement de l'acier sur l'acier $0^{cm},006$, et pour marge de mesure des angles $2°50'$.

V. *Équilibrage direct.* — Le rotor étant assimilé à l'ensemble d'un solide de révolution et de deux balourds excentrés, on peut déduire ces deux balourds de la mesure des *différences de phase* entre la vibration de chacun des paliers et d'une surcharge placée en des points appropriés du rotor :

*a*. *huit* mesures de différences de phase suffisent à déterminer le balourd. Ces mesures n'exigent que *quatre lancements* du rotor à grande vitesse ;

*b*. les calculs se réduisent à la résolution d'un système de deux équations linéaires à deux inconnues en nombres complexes. Nous avons pu ramener cette résolution à une construction graphique très simple, n'exigeant que la règle et l'équerre.

*c*. la *précision de la méthode* est comparable à celle que l'on obtient dans l'équilibrage dynamique. Elle est fonction de la sensibilité des appareils de mesure.

VI. *Appareils de mesure*. — En vue d'accroître cette sensibilité et d'accélérer les manipulations, nous avons établi le projet d'appareils de mesure spéciaux, qui présentent les caractères généraux susvants :

*a*. les mesures s'effectuent par méthode du tout ou rien, avec conservation des lectures : quand les appareils ont atteint la position où ils font apparaître la différence de phase à mesurer, ils conservent cette position et déclenchent un signal (optique, acoustique, électrique);

*b*. pour une sensibilité moyenne, ces appareils n'exigent pas le montage du rotor sur paliers vibrants ou plateau oscillant, et peuvent être réalisés sous une forme peu encombrante et transportable.

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un anémomètre peu sensible aux changements de direction du vent.* Note de M. **A. Martinot-Lagarde**, présentée par M. Ch. Maurain.

Au sujet des recherches entreprises pour le Service des Recherches de l'Aéronautique, sur le vent naturel, il m'a été demandé de faire construire un anémomètre peu sensible à l'orientation, en principe un anémomètre de Dines : j'ai réalisé un appareil analogue, utilisable seulement dans un secteur de 90°, mais plus simple.

L'anémomètre de Dines comporte deux prises de pression : l'une est formée par un tube circulaire, d'axe vertical, et percé de plusieurs couronnes de trous; la pression mesurée est indépendante de l'azimut du vent et très peu sensible aux variations de son inclinaison; j'ai conservé cette prise de pression.

L'autre prise est un tube ordinaire de pression totale, fixé à une girouette d'axe vertical; l'étalonnage est fait avec une légère fuite au palier de cette girouette. Craignant que la diminution du coefficient de l'appareil, due à

une fuite, ne reste pas constante, et qu'une girouette n'oscille suivant une loi très différente de celle des oscillations du vent, j'ai fait exécuter une prise sans partie mobile; la pression transmise, voisine de la pression totale, est constante à moins de 0,5 pour 100 près de la pression dynamique $q$, lorsque l'angle du vent avec l'axe de la prise varie de 0° à 45°; pour 50°, l'erreur est de 7 pour 100. Le vent peut donc tourner dans un secteur de 90° sans que l'indication de l'appareil cesse d'être pratiquement correcte.

H. Peters indique [1], pour diminuer l'influence de l'orientation sur une prise de pression totale, le dispositif consistant à la mettre au col d'un venturi. Avec un premier venturi ayant ses sections d'entrée et de sortie égales, j'avais une erreur de 0,029 dès que l'angle du vent et de l'axe du tube était de 25°. J'ai cherché à augmenter le débit à travers l'appareil : le résultat énoncé plus haut a été obtenu avec un deuxième venturi, de section de sortie 1,5 fois la section d'entrée, et un tube intérieur de diamètre extérieur relativement plus petit, soit le tiers du diamètre du col.

*Coefficient de l'appareil.* — Giblett et ses collaborateurs [2], en particulier, ont employé l'anémomètre de Dines et en même temps son manomètre à cloche, qui comporte aussi une fuite; selon le mode de réalisation, ils ont obtenu, comme différence de pression : $p = 1{,}39$ ou $1{,}49\,q$. Mon appareil a un coefficient un peu différent puisqu'il ne comporte pas de fuites, soit 1,52, nombre déterminé dans le domaine de vitesses de 7 à 22 m/s sur un venturi de diamètre au col $12^{mm}$.

Le complément nécessaire de cet appareil est une girouette donnant l'inclinaison et l'azimut du vent. Au lieu d'employer des banderoles, que les petites rafales déforment, j'ai fait exécuter des manches, en étoffe, dont l'entrée est maintenue ouverte par un anneau : leur ligne médiane reste sensiblement rectiligne. De plus, si les manches sont en mousseline de soie, leur axe fait avec la direction du vent un angle inférieur à 2° dès que sa vitesse atteint 5 m/s. Malgré la ténuité de cette étoffe, son contraste avec le ciel est suffisant pour qu'on puisse photographier les manches.

---

(1) *Handbuch der Experimentalphysik*, IV-1, *Druckmessung*, Leipzig, 1931, p. 499.

(2) *Meteorological Office*, Geophysical Memoirs, n° 54, London, 1932, p. 26.

ASTRONOMIE. — *Occultations d'étoiles par la Lune, observées à Strasbourg de 1925 à 1932. Réductions et discussion.* Note de M. **V. Grouitch**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La présente Note résume les résultats d'un travail d'ensemble que nous avons effectué sur les occultations d'étoiles par la Lune, observées à Strasbourg de 1925 à 1932. Ces observations ont été faites pour la plupart au réfracteur de $49^{cm}$ par M. Danjon. Vu l'homogénéité de ce matériel d'observation nous nous sommes efforcé de baser la réduction sur des données aussi précises que possible. A cet effet, nous avons calculé avec soin les positions des étoiles occultées à l'aide des catalogues photographiques, au sujet desquels nous faisons les remarques suivantes :

1° la précision des mesures des clichés est bonne. Elle est nettement meilleure pour les catalogues pour lesquels on a mesuré les clichés dans les deux orientations;

2° l'inexactitude des catalogues photographiques provient en majeure partie des étoiles de repère. On améliorerait donc de beaucoup la précision des catalogues si l'on faisait à nouveau les calculs des constantes des clichés à l'aide des catalogues méridiens récents;

3° pour le catalogue d'Oxford nous avons trouvé une anomalie concernant les ascensions droites provenant probablement des constantes des clichés. Cette anomalie nous paraît être fonction de l'ascension droite.

Pour chaque étoile nous avons calculé deux positions dont la moyenne est d'une précision satisfaisante; ensuite, nous avons déterminé les mouvements propres pour un grand nombre d'étoiles.

La réduction des occultations nous a donné les résultats suivants :

*a.* La correction des Tables lunaires de Brown pour les années auxquelles se rapportent les observations est la suivante :

| E. | $\delta\lambda$. | $-\delta\beta$. |
|---|---|---|
| 1925,2 | $-7'',93\pm0'',14$ | $+0'',20$ |
| 1926,3 | $7,32\pm0,13$ | $+0,11$ |
| 1927,4 | $6,87\pm0,12$ | $+0,05$ |
| 1928,2 | $6,74\pm0,08$ | $+0,73$ |
| 1929,1 | $6,45\pm0,18$ | $-0,63$ |
| 1930,4 | $5,70\pm0,07$ | $+0,45$ |
| 1931,3 | $5,36\pm0,11$ | $-0,04$ |
| 1932,2 | $5,17\pm0,07$ | $+0,06$ |

La correction de la latitude de la Lune, $-\delta\beta$, reste toujours très petite

et ne présente aucun caractère systématique. La correction de la longitude, $\delta\lambda$, présente une marche linéaire que l'on peut exprimer par l'équation suivante :

$$\delta\lambda + 0,394\,t = 7'',922,$$

$t$ est compté de 1925,0 jusqu'à 1930,0. Cette marche montre que pendant la durée des observations il n'y a pas eu de variations de la vitesse de rotation de la Terre.

*b*. L'inégalité parallactique est

$$P = -125'',113 \pm 0'',110,$$

La correction de l'inégalité parallactique $\Delta P$, est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$n + mt + \Delta P \sin(☾ - ☉) = \delta\lambda,$$

où $n$ et $m$ sont les constantes, $t$ la date de la soirée d'observation exprimée en fraction d'année à partir de 1925,0 et $\delta\lambda$ la correction de la longitude de la Lune tirée des observations de cette soirée.

*c*. Cette valeur de l'inégalité donne, pour la parallaxe du Soleil,

$$\pi = 8'',8025 \pm 0'',0076.$$

Cette valeur est en plein accord avec celle obtenue par la méthode physique qui est de 8″,803 (H. S. Jones, *Monthly Notices*, 87, p. 528), valeur sans doute la plus précise. Cet accord montre que notre méthode de calcul de la correction de l'inégalité parallactique à l'aide des occultations est très précise. Elle l'aurait été encore davantage, si nous avions pu profiter des émersions observées au voisinage du dernier quartier. Il serait donc désirable d'observer les répartitions au bord obscur plus souvent qu'on ne le fait.

*d*. L'erreur probable d'une observation est

$$\varepsilon_p = \pm 0'',67.$$

Nous avons démontré sur des exemples que cette erreur diminue beaucoup si l'on tient compte des irrégularités du bord lunaire. Aussi, pour pouvoir tirer le maximum de profit des observations de la Lune, une étude détaillée du bord de notre satellite nous paraît indispensable.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure des faibles flux lumineux au moyen de la cellule photoélectrique.* Note de M. **Emmanuel Gambetta.**

Il a été montré précédemment [1] comment on peut régler le circuit cellule d'un montage photoélectrique destiné au contrôle d'un flux lumineux autour d'une valeur déterminée de celui-ci, en vue d'obtenir la sensibilité relative maximum. Cette sensibilité est définie comme le rapport à la variation relative du flux lumineux, soit de la variation correspondante du courant-plaque de la lampe électromètre couplée au circuit de la cellule (dans le cas d'une mesure directe de ce courant), soit de la variation correspondante de la tension aux bornes d'une résistance placée dans ce circuit-plaque (dans le cas d'une mesure après amplification supplémentaire).

Le circuit photoélectrique expérimenté comprend en série : la batterie d'accumulateurs, la cellule et, servant de résistance de couplage avec la lampe électromètre amplificatrice, l'espace filament-plaque d'une seconde lampe électromètre. Un conducteur isolé est donc constitué par la cathode de la cellule, la grille de l'électromètre-amplificateur et la grille normale de l'électromètre-résistance jouant ici le rôle de plaque; la plaque normale de cette lampe est utilisée comme grille; le chauffage de son filament peut être très finement réglé au moyen d'un rhéostat convenable et permet ainsi de réaliser une résistance variable dans de très larges limites.

Le réglage de l'ensemble s'effectue de la façon suivante : ayant déterminé au préalable le courant-plaque de l'électromètre-amplificateur pour une tension-plaque de 4 volts et un courant-grille nul, la résistance optimum à placer dans son circuit-plaque, si l'on désire coupler cette lampe à un amplificateur, et la caractéristique à flux constant de la cellule, on choisit la tension optimum à appliquer à la cellule et le rapport optimum des tensions aux bornes de la cellule et aux bornes de la résistance en série avec elle (ces choix résultent d'un calcul simple qui sera donné ailleurs). On détermine alors le point de la batterie à relier au filament de l'électromètre-amplificateur; il suffit enfin de régler soigneusement le chauffage de l'électromètre-résistance, la cellule étant exposée au flux à contrôler, jusqu'à ce que l'on retrouve le courant normal de l'électromètre-amplificateur.

---

[1] E. Gambetta, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 906.

Autour d'un flux lumineux de $4.10^{-7}$ lumen, on a obtenu aisément une sensibilité aux variations du flux de $5.10^{-9}$ lumen par millimètre de déviation du galvanomètre placé dans le circuit-plaque de l'électromètre-amplificateur (galvanomètre shunté donnant seulement $4.10^{6}$ mm à $1^{m}$/ampère), soit une sensibilité aux variations du courant de cellule de $2,5.10^{-13}$ ampère/millimètre, ce qui correspond à une amplification en courant de $10^{6}$. En faisant une compensation sur le galvanomètre, de manière à annuler sa déviation par le flux moyen, on atteint une sensibilité de $5.10^{-11}$ lumen/millimètre, soit $2,5.10^{-15}$ ampère/millimètre. Le dispositif étudié présente l'avantage d'une très grande stabilité permettant d'utiliser toute la sensibilité annoncée; il est d'une très grande souplesse de réglage selon les flux à contrôler puisqu'il peut s'appliquer sans modification dans des limites de flux très étendues : de $10^{-9}$ à 10 lumens.

La sensibilité a pu être poussée plus loin encore : par seule variation du chauffage de l'électromètre-résistance, on a pu, autour d'un flux 100 fois plus petit que le précédent, atteindre une sensibilité aux variations du flux de $10^{-10}$ lumen/millimètre avec le galvanomètre shunté et $10^{-12}$ avec le galvanomètre compensé, soit une sensibilité aux variations du courant photoélectrique de $5.10^{-15}$ et $5.10^{-17}$ ampère/millimètre, c'est-à-dire une amplification en courant de $50.10^{6}$. On se trouve alors limité par la constante de temps du circuit-cellule qui, dans ces conditions, est de l'ordre de 10 à 12 secondes [1].

Trois grandeurs interviennent en effet dans la conduite des mesures : la valeur du flux lumineux à contrôler, la précision à rechercher dans sa mesure, et le temps pendant lequel cette mesure doit être effectuée pour ne pas être faussée à cause des modifications qui peuvent se produire dans le montage et dans tout le dispositif optique.

Le montage précédent a l'avantage de donner dans la mesure du flux lumineux une même sensibilité relative d'environ 1 à $2.10^{-4}$ quel que soit ce flux dans les limites précédemment indiquées; si cette sensibilité est insuffisante on peut facilement coupler l'électromètre à un amplificateur : la connaissance de la variation de tension présentée aux bornes de la résistance placée dans le circuit-plaque de l'électromètre (par exemple : $2,5.10^{7}$ volts/lumen autour du flux de $4.10^{-7}$ lumen ou $10^{9}$ autour de $4.10^{-9}$ lumen) permet de fixer les caractéristiques de cet amplificateur selon la sensibilité globale désirée.

---

[1] Cette limitation n'existe plus si l'on mesure un flux que l'on sait être constant.

La période de mesure détermine la constante de temps maximum du circuit-cellule puisque le courant de cellule ne suit les variations du flux que si cette constante de temps est suffisamment petite devant la période de ces variations. Il en résulte que, si l'on doit opérer avec des constantes de temps très faibles, il faut consentir à une perte sur la sensibilité du montage pour les très petits flux, et, pour pouvoir surveiller ceux-ci avec la même précision, il faut restituer la sensibilité par une amplification supplémentaire. Encore est-il nécessaire pour que l'avantage de cette amplification ne soit pas illusoire, que l'on puisse surveiller avec sensibilité l'annulation du courant alternatif dans la lampe de sortie de cet amplificateur.

En résumé, on peut jouer à la fois, selon les cas, sur la sensibilité et sur la constante de temps; l'ensemble du montage photoélectrique décrit précédemment et d'un amplificateur apériodique couplé à lui semble donc devoir permettre de surveiller avec grande précision et à la fréquence que l'on désire la constance de flux lumineux très petits.

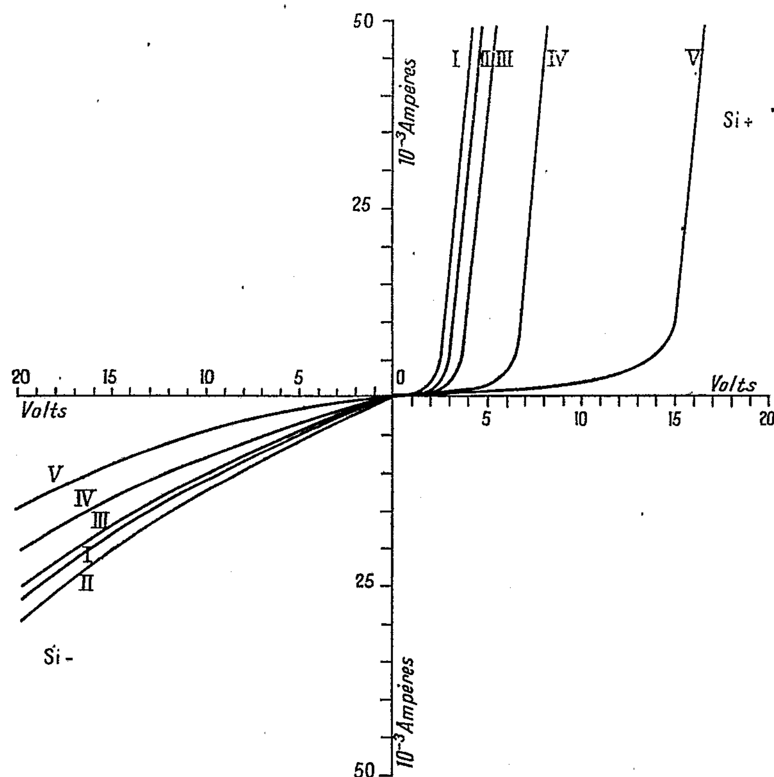
On peut obtenir des accroissements notables de sensibilité par rapport aux résultats actuels par un réglage plus soigné de la tension aux bornes de la cellule et du rapport des tensions aux bornes de la cellule et aux bornes de la résistance, mais aussi par l'emploi de cellules de caractéristiques plus favorables et mieux isolées, telles que les cellules à vide de grande sensibilité.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'influence de l'eau dans certains contacts rectifiants.* Note [1] de MM. **René Audubert** et **Jean Roulleau**, présentée par M. Perrin.

On constitue des contacts doués de propriétés redressantes en associant deux conducteurs de natures différentes séparés par une couche de barrage solide, liquide ou gazeuse. Beaucoup de sels métalliques, soit à l'état pulvérulent, soit à l'état aggloméré, au contact d'électrodes métalliques telles que le magnésium, l'aluminium sur lesquelles il est facile de former par oxydation des couches de barrage, donnent lieu à des effets rectifiants généralement notables. Le silicium pur, à la surface duquel il est aussi aisé de former un film de silice fonctionnant comme couche de barrage, présente

(1) Séance du 15 janvier 1934.

des phénomènes analogues; on savait déjà ([1]) qu'associé au charbon ou au graphite il donne un couple redresseur à travers lequel le courant passe plus facilement lorsque le silicium est positif. C'est le contraire que l'on observe si l'on constitue, comme l'un de nous l'a montré ([2]), une soupape électrolytique avec une électrode de silicium; dans ce cas, par polarisation anodique, celle-ci se recouvre d'une pellicule de silice ayant occlus de l'oxygène formant une couche à haute résistance et s'opposant au passage du courant.




Caractéristiques $e = f(i)$, sur un couple : Si/SiO²/PbO²/C.
I, avant dessiccation; II, après 15 minutes sous vide à 100°; III, après 1 heure sous vide à 100°; IV, après 2 heures sous vide à 100°; V, après 24 heures sous vide à 100°.

Si l'on intercale entre deux électrodes de silicium pur oxydées superficiellement et une lame de charbon une couche d'un des sels métalliques.

([1]) R. Audubert et M. Quintin, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 972; Dubar, *Ibid.*, **185**, 1927, p. 1023.

([2]) R. Audubert, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 768.

suivants : $PbO^2$, $CuI$, $Fe^2O^3 + CuI$, $Ag^2S$, $MnO^2$, $PbS$, on constitue des contacts rectifiants présentant des effets complexes; lorsque la tension aux bornes du contact est faible, la conductibilité est la plus grande quand le silicium est positif; pour les tensions élevées, au contraire, le courant passe plus facilement quand le silicium est négatif. Ce phénomène d'inversion du pouvoir rectifiant peut être interprété par l'existence de deux effets de signe opposé, l'un localisé à la surface du silicium, l'autre au voisinage de l'électrode de charbon.

L'expérience montre que l'effet imputable à la couche d'arrêt du silicium est constitué par un processus électronique auquel vient se superposer un effet électrolytique rendu possible par de faibles quantités d'eau présentes dans la poudre de sel métallique. En effet, si l'on soumet les couples considérés à une dessiccation prolongée, on constate une modification des propriétés de redressement. La tension pour laquelle l'inversion se produit qui est comprise entre 0,5 et 2 volts suivant la nature du sel lorsque celui-ci contient de l'humidité atmosphérique s'élève beaucoup à mesure que la dessiccation se poursuit; c'est ainsi, par exemple, qu'elle atteint 12 volts pour le couple $Si/SiO^2/PbO^2/C$ lorsque celui-ci est laissé 24 heures à 100° sous un vide de 1/10 de millimètre de mercure. Quand le contact a été desséché il faut donc atteindre des tensions plus élevées pour observer que le courant passe plus facilement quand le silicium est négatif, ce qui correspond bien à la disparition de l'effet électrolytique à la surface du silicium.

On peut suivre la marche du phénomène en déterminant la caractéristique courbe $i = f(e)$ au cours de la dessiccation. La figure ci-dessus montre les résultats obtenus avec le couple $Si/SiO^2/PbO^2/C$.

Ces résultats expliquent le fait que ces redresseurs subissent, au cours de leur fonctionnement, une augmentation de leur résistance interne que l'on est ainsi amené à interpréter comme principalement causée par l'évaporation de l'eau.

En effet, un redresseur retrouve ses caractéristiques initiales de fonctionnement soit par repos prolongé à l'air libre, soit par addition des traces d'eau; enfin la dessiccation en l'absence de tout fonctionnement permanent s'accompagne d'augmentation de la résistance interne.

En résumé, dans les effets rectifiants que l'on observe avec les contacts contenant des poudres de sels métalliques, peuvent intervenir des effets de soupape électrolytique dus à de l'eau retenue ou adsorbée par ces poudres.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le rôle de la couche de barrage dans le redressement par contact imparfait.* Note[1] de M. **Quintin**, présentée par M. Jean Perrin.

On peut admettre que, lorsque deux métaux A et B constituent un contact imparfait, le passage sous l'influence d'un champ électrique d'un électron d'un atome A à un atome B à travers la limite de séparation se fait sans seuil d'énergie du fait de l'interprétation des atmosphères électroniques des deux électrodes. Dans le cas d'un contact imparfait, la conductibilité unilatérale est due à l'existence entre les deux atmosphères électroniques d'une pellicule diélectrique fonctionnant comme couche de barrage; sous l'influence du champ électrique créé, le flux électronique traversant ce film sera différent suivant la polarité des électrodes, le travail de sortie des électrons d'un métal étant lié à la nature de celui-ci.

Plusieurs auteurs [2] ont pensé montrer que cette couche de barrage doit avoir, pour que le phénomène ait lieu, une épaisseur inférieure à $10^{-5}$ cm. Les expériences ont été généralement faites avec deux électrodes de courbures différentes, l'une étant déplacée de quantités mesurées par rapport à l'autre maintenue fixe. On obtient ainsi des effets très instables qui correspondent le plus souvent à des décharges brusques dues à des trains d'étincelles éclatant entre les armatures du contact.

Dans une série d'essais j'ai pu obtenir des dissymétries de conductibilité notables et très stables en intercalant entre deux électrodes planes de nature différente (qui, mises en contact, obéissent à la loi d'ohm), des pellicules isolantes : liquides, solides ou gazeuses, d'épaisseur très supérieure à $10^{-5}$ cm.

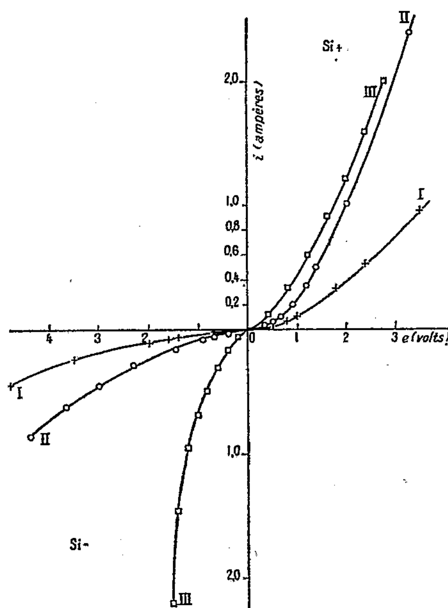
Les expériences ont porté plus particulièrement sur des couples dont l'un des éléments était constitué par du silicium. On sait, en effet, que le silicium revêtu d'une couche isolante de silice donne, associé à différents conducteurs, charbon en particulier [3], des effets redresseurs importants

(1) Séance du 15 janvier 1934.

(2) H. Rohmann, *Phys. Z.*, **21**, 1920, p. 417; H. Pelabon, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 776; **182**, 1926, p. 124 et 449; *L'Onde électrique*, **6**, 1927, p. 401; I. Slepian, 52e *Congrès Am. Electroch. Soc.*, 4-21 sept. 1927, p. 1; W. Jusé, *Nature*, **132**, 1933, p. 242.

(3) Dubar, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1023; F. W. Kallmaaer, *Ann. Physik*, **86**, 1928, p. 547.

et que l'existence de la pellicule de silice est essentielle [1]. Une plaque de silicium poli en contact avec une électrode de graphite ne présente aucune dissymétrie, mais si l'on sépare l'une de l'autre ces deux électrodes par une lamelle de mica percée en son centre, le phénomène de redressement apparaît pour des épaisseurs de la lame gazeuse emprisonnée allant de $10^{-3}$ à $10^{-5}$ cm. Les deux électrodes avaient des surfaces parfaitement planes et




$t = 18^{\circ}$C.

I, couple Si — Cu; II, » Si — C; III, » Si — Sn } diélectrique = air.

Pour la courbe III, diviser les valeurs lues en abscisses par 2, celles lues en ordonnées par 40.

la lamelle de mica dépassait largement les bords de celles-ci; l'ensemble placé entre deux armatures métalliques épaisses, donc indéformables, sur lesquelles une pression uniforme (quelques kilogrammes par centimètre carré) était exercée, donnait des effets extrêmement stables et reproductibles. Ceux-ci étaient mis en évidence par l'étude de la caractéristique $i = f(e)$ en courant continu, où $i$ représente l'intensité et $e$ la chute de tension à travers le contact; et par la détermination du pouvoir redresseur $I_m/I_{eff}$ en courant alternatif, $I_m$ désignant l'intensité moyenne et

(1) R. Audubert et M. Quintin, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 972.

$I_{eff}$ l'intensité efficace. La courbe II ci-contre choisie entre beaucoup d'autres analogues montre l'ordre de grandeur de la dissymétrie obtenue, le rapport $I_m/I_{eff}$ atteignant sous une phase 40 pour 100.

On obtient des résultats identiques si l'on substitue à la couche gazeuse des pellicules diélectriques solides ou liquides (résines, huiles, soufre, cellulose, paraffine, etc.) d'épaisseurs analogues.

Les phénomènes sont analogues si l'on remplace l'électrode de charbon par une lame polie de cuivre, d'étain ou de cadmium. Mais, alors que pour les deux couples très stables Si-C et Si-Cu le courant passe plus facilement lorsque le silicium est positif, c'est l'inverse qui se produit pour les couples, d'ailleurs beaucoup moins stables, Si-Sn et Si-Cd, qui semblent fonctionner par trains d'étincelles comme ceux de Pélabon. Résultat qui montre que le sens du passage du courant dans un couple redresseur n'est pas essentiellement lié à la différence de conductibilité des deux électrodes. Le silicium étant, en effet, dans tous ces couples le corps le moins conducteur.

En résumé, les expériences précédentes montrent que l'on peut faire apparaître des phénomènes de redressement en séparant des conducteurs de nature différente par une couche de barrage d'épaisseur supérieure à $10^{-5}$ cm.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les différents genres possibles d'oscillations électriques.* Note de M. J. **Mercier**, présentée par M. A. Cotton.

Suivant les conditions de fonctionnement, un oscillateur à lampes à trois électrodes peut être le siège d'oscillations très diverses. Nous décrirons notamment celles que l'on peut obtenir avec un oscillateur ordinaire à circuit oscillateur intercalé dans le circuit de plaque et bobine de réaction dans le circuit de grille. Pour simplifier, nous supposerons que le courant de plaque $j_0$, qui correspond aux tensions *statiques* $u_0$ et $v_0$ de la grille et de la plaque, est sensiblement égal à la moitié du courant de saturation.

Avec des notations évidentes, le coefficient d'amortissement des oscillations et leur pulsation ont pour expressions

$$\alpha = \frac{R_a}{2L} \quad \text{et} \quad \omega^2 = \frac{1}{LC} - \frac{R_a^2}{4L^2},$$

$R_a$ la résistance apparente du circuit a, pour valeur instantanée,

$$R_a = R + \frac{L + kM}{C\rho} \quad \text{ou} \quad \left(R + \frac{L}{Cr}\right) \quad \text{ou encore} \quad \left(R + \frac{Lp}{C}\right).$$

$r$ peut être considérée comme une résistance appliquée en dérivation sur le circuit et $p$ est la pente de la caractéristique *dynamique* qui donne en régime variable le courant de plaque en fonction de sa tension.

Cette caractéristique possède une tangente d'inflexion à pente négative avec laquelle elle peut être confondue sur un assez grand parcours. Elle est limitée et prolongée par deux droites horizontales, la droite de saturation et la droite de courant nul, auxquelles elle se raccorde par deux portions coudées.

1. *Oscillations élémentaires.* — Si le couplage est faible, le *point de fonctionnement* reste toujours dans la *région rectiligne* des caractéristiques et les oscillations sont presque parfaitement sinusoïdales, même celles du courant de plaque. L'amplitude est relativement faible et croît avec le couplage.

La résistance apparente oscille entre une faible valeur négative R′ et une valeur positive inférieure à R, la résistance primitive du circuit. La fréquence est donc supérieure à la fréquence des oscillations propres du circuit.

2. *Oscillations de saturation.* — Si le couplage est plus serré, la valeur négative de R′ croît. Le point de fonctionnement peut atteindre les droites de saturation et de courant nul; il y a alors saturation effective de l'organe d'entretien qui est ici la lampe. $\rho$ est infini, $r$ aussi et le circuit se trouve comme abandonné à lui-même. Le courant de plaque est représenté par une sinusoïde amplifiée ($\alpha_a < 0$), mais tronquée haut et bas, tandis que les autres grandeurs restent sensiblement sinusoïdales, le circuit ne jouant vraiment le rôle de *bouchon* que pour le fondamental. La fréquence reste légèrement supérieure à la fréquence propre du circuit,

3. *Oscillations de choc.* — Le temps pendant lequel la résistance est différente de R diminue si le couplage continue à croître et la fréquence se rapproche de celle du circuit. La période instantanée qui correspond à R′ croît en même temps qu'elle. Il arrive même que R′ puisse dépasser la *résistance critique* du circuit, celle pour laquelle le circuit devient apériodique; la pulsation est alors imaginaire. Mais cela ne change rien à l'allure des phénomènes; la saturation est simplement atteinte plus rapidement et tout se passe alors comme si le circuit recevait toutes les demi-périodes *un choc brusque* juste au moment où la tension aux bornes du condensateur est nulle, condition indispensable pour que la période soit *exactement* celle du circuit oscillant.

4. *Oscillations de freinage.* — Dans ce qui précède, nous avons implicite-

ment supposé que le courant de grille était nul, ce qui a lieu si la tension $u_0$ est suffisamment négative.

Cependant, si l'amplitude devient de plus en plus grande, le courant de grille finit par apparaître. La caractéristique n'est plus symétrique, et pour les tensions de plaques faibles et décroissantes elle comporte une partie plongeante à pente de plus en plus positive. La résistance apparente augmente et il se produit comme un *auto-freinage*.

C'est comme si l'on avait couplé au circuit oscillant un circuit apériodique peu amorti ($p > 0$) et qui le shunte fortement. La fréquence instantanée diminue et la période d'ensemble devient supérieure à celle du circuit oscillant.

5. *Oscillations de relaxation.* — Enfin, si le courant de grille devient très intense, la résistance apparente arrive au cours du freinage à dépasser la résistance critique du circuit. La fin de charge du condensateur et le début de sa décharge deviennent apériodiques. D'où le nom d'oscillations de relaxation donné aux oscillations obtenues. La période d'ensemble devient alors beaucoup plus longue que la période propre du circuit.

Naturellement les oscillations généralement obtenues sont d'un genre mixte. D'ailleurs toutes sont en quelque sorte des oscillations de freinage, quoiqu'en l'absence de courant de grille Ra ne devienne jamais inférieure à R, la résistance propre du circuit. Les dernières, d'autre part, sont de saturation quoiqu'on puisse les obtenir sans que le courant de saturation soit atteint.

Enfin, l'apériodicité à l'amorçage n'entraîne pas forcément l'apériodicité en fin de charge du condensateur. Des oscillations peuvent être de choc sans être de relaxation et inversement. Elles peuvent évidemment aussi être les deux à la fois.

Il est d'ailleurs possible d'obtenir des oscillations de *relaxation plus pures*, en partant d'un circuit initialement apériodique.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence de conducteurs isolés sur la décharge couronne.* Note de M. M. **Pauthenier** et M^me^ M. **Moreau-Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

Il est évident que la présence dans un champ ionisé de porteurs de charges fixes ou peu mobiles a pour effet de s'opposer à la circulation des ions de même signe et diminue par conséquent, à potentiel constant,

l'intensité de la décharge couronne; en fait on a observé [1] la diminution du courant causée par des poussières chargées.

Nous nous sommes proposé d'étudier quantitativement ce phénomène, d'*abord* dans le cas de conducteurs fixes isolés, d'un système de fils métalliques parallèles, par exemple.

1. *Charge limite des fils.* — Considérons le champ ionisé qui règne entre un cylindre relié à la terre et un fil fin axial porté à haute tension négative et soient à l'intérieur du cylindre $n$ fils métalliques isolés, parallèles, équidistants, disposés sur une surface cylindrique de même axe et de rayon $r_1$.

On peut appliquer à l'un des fils, supposé indéfini, un raisonnement analogue à celui que nous avons employé [2] pour calculer la charge limite de petites sphères conductrices. On montre alors, en désignant par $a$ son rayon et par E le champ avoisinant, que sa charge limite par unité de longueur est

$$Q_1 = Ea.$$

On passe ensuite au cas des $n$ fils définis plus haut en remarquant que le champ E est alors la somme du champ $E_0$ qui existerait en l'absence de toute cage métallique et du champ dû à la présence des $(n-1)$ autres fils chargés; en raison de la symétrie du système, le calcul donne pour ce dernier champ la valeur simple $(n-1)Q_1/r_1$, de sorte que l'on a finalement, pour expression de la charge portée par l'unité de longueur de chacun des fils,

$$Q_1 = \left[E_0 + \frac{(n-1)Q_1}{r_1}\right]a \qquad \text{ou} \qquad Q_1 = \frac{E_0 a r_1}{r_1 - (n-1)a}.$$

2. *Modification du champ par les fils chargés.* — Soit $V_m$ le potentiel qu'il faut appliquer au fil axial en l'absence de la cage pour produire le courant unitaire $i$, le champ en tout point d'abscisse radiale $r$ étant alors donné par la relation

$$E = \sqrt{\frac{C^2}{r^2} + \frac{2i}{k}}.$$

Avec la cage, il faut pour maintenir le courant $i$ augmenter la tension $V_m$ d'une quantité $\Delta V_m$ que nous allons calculer.

Nous supposerons $n$ assez grand pour que le champ créé par l'ensemble des fils de la cage soit nul en tout point intérieur et assimilable en tout

(1) M. Shibusawa et S. Fukuda, *Cong. int. El. Paris*, 1932, nº 13-C-2.

(2) *J. de Phys.*, 3, 1932, p. 590-613.

point extérieur à celui d'une couche cylindrique uniforme; nous avons vérifié d'ailleurs que cette condition est pratiquement réalisée pour $n = 12$.

Dans ces conditions, rien n'est changé dans l'espace intérieur; dans l'espace extérieur, l'équation de Poisson garde la même forme, seule la constante d'intégration est modifiée. On déterminera sa nouvelle valeur $C'$ par la condition que la discontinuité du champ au niveau $r = r_1$ est $2nQ_1/r_1$, d'où

$$\sqrt{\frac{C'^2}{r_1^2} + \frac{2i}{k}} = \sqrt{\frac{C^2}{r_1^2} + \frac{2i}{k}}\left[1 + \frac{2na}{r_1 - (n-1)a}\right].$$

$C'$ étant défini par cette relation, on détermine pour chaque cas particulier la différence $\Delta V_m$ en se servant de la fonction $F(r)$ définie dans des recherches antérieures ([1]).

3. *Contrôle expérimental.* — Nous avons fait diverses mesures dans un cylindre de rayon $R = 10^{cm},3$, le diamètre du fil axial étant 0,3 puis $0^{mm},1$; les données relatives à la cage sont $r_1 = 3^{cm},5$, $2a = 0^{cm},13$, $n = 12$.

Voici en particulier les résultats de quelques expériences; l'accord est aussi satisfaisant que le permettent les difficultés expérimentales :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1.... | $i = 3,0\mu A$ | $\Delta V_m$ mes. = 2,4 KV | $\Delta V_m$ calc. = 2,7 KV |
| | $i = 1,9$ | 2,0 | 1,9 |
| 2.... | $i = 1,4\mu A$ | $\Delta V_m$ mes. = 1,9 KV | $\Delta V_m$ calc. = 2,0 KV |
| | $i = 2,8$ | 2,6 | 2,5 |

*Remarque.* — Si, pour des raisons accidentelles, l'émission localisée dans certaines aigrettes prend une importance exagérée, la charge des fils, et comme conséquence $\Delta V_m$, ne peuvent être que nettement supérieurs à leur valeur calculée. C'est ce qui explique certains cas exceptionnels que nous avons eu l'occasion d'observer.

IONISATION DES GAZ. — *Sur la propagation de l'énergie dans les tubes à gaz ionisés.* Note de M. **Th. V. Ionescu**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note antérieure ([2]) j'ai montré qu'on pouvait calculer la vitesse de propagation de l'énergie dans les tubes à gaz ionisés à l'aide de la formule

([1]) M. Pauthenier et P. Mallard, *Comptes rendus*, 186, 1929, p. 635.

([2]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 928. Dans cette Note j'ai calculé la vitesse U en admettant l'hypothèse $a$, pour un tube à section carrée de côté égal à l'unité, comme on le verra ailleurs.

classique $U = (LC)^{-\frac{1}{2}}$, dans laquelle L représente la self, et C la capacité par unité de longueur du tube; L et C doivent être calculées d'une autre manière que dans les fils métalliques. Si les électrons se déplacent sur la direction $x$, on a pour le volume $xyz$, $\mathcal{L} = x/yz\, m/Ne^2$; pour un tube à section circulaire de rayon R, on a

$$L = \frac{m}{\pi R^2 N e^2}.$$

Pour calculer la capacité d'un tube à section circulaire, j'ai admis deux hypothèses :

*a*. La quantité d'électricité qui apparaît dans une portion donnée du tube à gaz ionisé se répand à la surface du volume occupé pour le gaz et dans ce cas $C_e$ représente la capacité par unité de longueur; elle a la même valeur que celle d'un tube métallique de mêmes dimensions.

*b*. La distribution de l'électricité se fait dans toute la section du tube avec une densité $\rho = f(R)$. S'il en est ainsi, il faut considérer encore la capacité $C_i$. La capacité C se compose des capacités $C_e$ et $C_i$ mises en série.

En admettant $\rho = f(R) \sim$ const., on trouve $C_i = 1$ et la vitesse de propagation dans un tube de longueur $l$ est

$$U = \sqrt{\frac{\pi R^2 N e^2}{m}\left(1 + 2 \log \frac{2l}{R}\right)}.$$

Lorsque dans le tube apparaissent des fuseaux lumineux, on a

$$\frac{\lambda_l}{2} = \frac{1}{2}\frac{U}{\nu_0} = \frac{1}{2}\frac{\nu}{\nu_0}\pi R \sqrt{1 + 2 \log \frac{2l}{R}},$$

où $\nu = \sqrt{Nl^2/\pi m}$ est la fréquence propre du gaz ionisé et $\nu_0$ la fréquence de l'oscillateur.

Dans le cas d'un tube métallique, pour $\rho \sim$ const., la vitesse de propagation dans le gaz ionisé est

$$U = \sqrt{\frac{\pi R^2 N l^2}{m}} = \pi R \nu.$$

Voici quelques expériences qui semblent justifier mon point de vue :

1. Nous approchons un tube de verre bien vidé, long de $35^{cm}$ et de diamètre $4^{cm}$, d'un oscillateur Mesny (tension de plaque 500 volts, lampes T. M. B; $\lambda = 4,5^m$). Dans le tube pénètrent deux fils en platine de $1^{cm}$ de longueur à $6^{mm}$ de distance l'un de

l'autre. Les fils sont placés dans le circuit d'une batterie de 4 volts et d'un galvanomètre; la déviation de ce dernier indique l'intensité d'ionisation.

En faisant chauffer légèrement les lampes, dans le tube apparaissent cinq fuseaux lumineux. Si l'on approche une plaque métallique parallèlement à l'axe du tube, la capacité du tube augmente et le nombre des fuseaux lumineux s'accroît; ceci prouve que la vitesse a diminué. Dans ce cas le galvanomètre indique une faible augmentation d'ionisation. On observe les mêmes changements si l'on introduit le tube en verre dans un manchon en toile métallique.

Pour des chauffages plus intenses on voit apparaître dans le tube trois fuseaux lumineux et le galvanomètre indique $11^{cm}$ de déviation. En chauffant plus fortement encore, les fuseaux disparaissent brusquement, et dans le tube on voit une faible lumière; le galvanomètre indique $4^{cm}$ de déviation. En continuant à augmenter le chauffage, apparaissent deux fuseaux brillants et le galvanomètre indique $17^{cm}$ de déviation. Au moment où dans le tube on voit trois fuseaux lumineux, on laisse le même chauffage et l'on approche la plaque métallique : les fuseaux disparaissent. En rapprochant davantage la plaque apparaissent deux faisceaux lumineux. Il résulte de ceci que l'approchement de la plaque produit le même effet que l'augmentation du chauffage : c'est-à-dire une augmentation d'ionisation.

Pour expliquer la disparition des fuseaux lumineux pour un chauffage donné j'admettrai que la fréquence propre du gaz ionisé est la même que celle de l'oscillateur, c'est-à-dire que $\nu = \nu_0$. Dans ces conditions le calcul donne $\lambda_t/2 = 8^{cm},2$ tandis que $\lambda_t/2$ observé dans le tube est 11,5 environ.

2. Un tube long de $1^{m}$ et de diamètre $5^{cm}$ est approché du même oscillateur. On observe la formation des fuseaux lumineux dans le tube. Si l'on met une bande métallique autour de ce tube et vers son milieu, les fuseaux disparaissent et la colonne lumineuse se raccourcit de $30^{cm}$.

Si l'on admettait que les parois du tube s'amincirai ent en tendant vers zéro, dans l'hypothèse où l'électricité se répandrait seulement à la surface du gaz ionisé $C_e$ tend vers $\infty$; dans ces conditions la vitesse de propagation serait égale à zéro. L'énergie ne pourrait donc traverser cette portion du tube. Par contre si l'électricité se répandait dans toute la masse du gaz, $C = C_i$ et la vitesse reste plus grande que zéro; l'énergie peut traverser cette portion du tube.

En effet, j'ai essayé un tube formé de trois portions ayant chacune $14^{cm}$ de longueur et $4^{cm}$ de diamètre. Parmi ces portions, celle du milieu est métallique; elle est munie d'un trou couvert par une petite plaque en verre qui permet de voir à l'intérieur. Lorsqu'on approche le tube de l'oscillateur, la colonne lumineuse traverse la partie métallique même si elle est mise à la terre et dans les deux portions en verre on observe des ondes stationnaires.

3. Un tube en verre est composé de trois morceaux ayant chacun $13^{cm}$ de long et respectivement 4, 3 et $2^{cm}$ de diamètre. On approche de l'oscillateur soit un bout du tube, soit l'autre.

On observe un plus grand nombre de fuseaux lumineux dans la portion de $2^{cm}$ que dans les autres, ce qui prouve que la vitesse croît avec le diamètre du tube.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre continu du néon.* Note de MM. **Ny Tsi-Zé** et **Voo Shueh-Ling**, présentée par M. Ch. Fabry.

La décharge dans le néon comme dans l'hydrogène donne un spectre continu qui a été employé comme source dans l'ultraviolet lointain ([1]). Nous nous sommes proposés de le comparer photographiquement à celui de la molécule d'hydrogène et de déduire de cette comparaison la distribution spectrale d'intensité du néon.

Le tube de néon en silice fondue employé dans nos expériences a la forme d'une lettre H : il se compose d'un capillaire de $6^{cm}$ de longueur et de $2^{mm}$ de diamètre intérieur, aboutissant à deux tubes plus larges de $10^{cm}$ de longueur contenant les électrodes en aluminium. Ce tube, destiné à l'observation en bout, est rempli de néon sous pression de $15^{mm}$ environ soigneusement purifié et desséché. On excite le spectre en reliant les électrodes aux bornes du secondaire d'un transformateur. La tension aux bornes du tube est de l'ordre de 600 volts et le courant qui le traverse est d'une dizaine de milliampères. La lumière émise par le tube à ce régime est d'une couleur rouge orangée et un spectre continu intense s'étend depuis le visible jusque dans la région de Schumann.

Nous avons préparé trois tubes remplis de néon sous des pressions de 5, 15 et $30^{mm}$. Lorsque la pression croît, l'intensité du spectre continu augmente tandis que celle du spectre des lignes s'atténue considérablement et que beaucoup d'entre elles disparaissent complètement. Pour un même courant de décharge, les intensités des diverses radiations du spectre continu croissent proportionnellement entre elles et à peu près proportionnellement à la pression. C'est bien en accord avec l'observation de P. Johnson ([2]). Il y aurait donc intérêt à augmenter encore la pression du néon dans le tube quand on veut préparer une source de spectre continu.

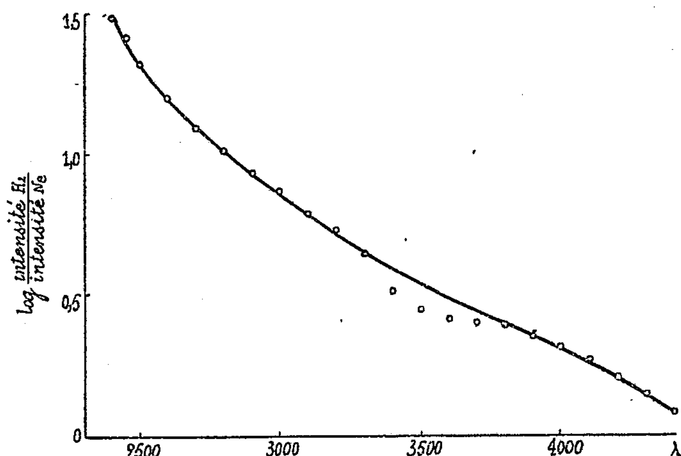
Nous avons comparé le spectre continu du néon à celui de la molécule d'hydrogène fourni par un tube du modèle Dunoyer, dont la forme de la courbe de répartition de l'énergie a déjà été déterminée ([3]). La comparaison a été faite photographiquement au moyen d'un petit spectrographe à optique de quartz. On photographie sur une même plaque et avec un même temps

---

([1]) A. S. Ganeson, *Indian Journal of Physics*, 3, 1928, p. 95.
([2]) P. Johnson, *Philosophical Magazine*, 13, 1932, p. 48.
([3]) Chalonge et Ny Tsi-Zé, *Journal de Physique*, 7e série, 1, 1930, p. 416.

de pose, d'une part le spectre du néon, d'autre part une série de spectres d'hydrogène affaiblis dans des proportions différentes et bien connues (spectres d'étalonnage). Ces réductions d'intensités sont réalisées au moyen de grilles de fil métallique étalonnées, placées sur la lentille quartz-fluorine de projection qui éclaire la fente du spectrographe.

Le cliché, une fois développé, est passé au microphotomètre enregistreur




de Moll et la comparaison entre le noircissement aux différents points du spectre de néon et celui des points correspondants des spectres d'hydrogène permet de trouver aisément les rapports d'intensité. La courbe de la figure représente le résultat brut de la comparaison du tube de néon sous pression de 30mm. On passe très facilement de cette courbe à celle de l'énergie du spectre continu de néon. Le tableau suivant donne en unité arbitraire les résultats obtenus :

| Å | Intensité. | Å | Intensité. | Å | Intensité. |
|---|---|---|---|---|---|
| 4400 | 12,3 | 3600 | 10,8 | 2800 | 9,9 |
| 4200 | 11,2 | 3400 | 11,2 | 2600 | 9,5 |
| 4000 | 10,1 | 3200 | 10,8 | 2400 | 8 |
| 3800 | 10,3 | 3000 | 10,0 | | |

Il apparaît que l'intensité du spectre croît faiblement, mais régulièrement, avec la longueur d'onde et atteint un maximum à 3400 Å. Bien que la précision de ces déterminations ne soit pas très grande, ce maximum cependant doit être réel : l'erreur la plus grande provient de l'effet du voile causé par les lignes encore assez fortes dans cette région, mais nous l'avons

éliminée, car les valeurs ci-dessus ont été calculées en utilisant les points sur la courbe de la figure.

Les intensités des diverses radiations croissent proportionnellement entre elles et à peu près proportionnellement à l'intensité du courant de décharge. Ceci montre que le spectre continu du néon n'est pas dû à la recombinaison des électrons avec les atomes ionisés, car dans ce cas l'intensité du spectre serait approximativement proportionnelle au carré du courant de décharge.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre de l'azote atomique* (NI) *dans l'ammoniaque et les mélanges d'hydrogène et d'azote*. Note de M. **D. Séférian**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une Note précédente [1] j'ai pu mettre en évidence, par excitation de l'azote pur dans un arc entre deux électrodes de tungstène :

*a*, la présence de trois groupes de raies dus à l'azote atomique neutre;

*b*, l'existence d'un spectre continu au voisinage des électrodes en plus du spectre d'incandescence.

Dans la présente Note :

1° j'ai étudié dans les mêmes conditions d'excitation ($I = 46$ à 50 ampères, $V = 110$ volts), l'arc dans $NH^3$, dans des mélanges préalables de $H^2$ et de $N^2$, ainsi que dans $H^2$ pur;

2° j'ai essayé de déterminer la nature du spectre continu par l'étude de l'arc dans l'air.

1. *Arc dans l'hydrogène pur.* — Ce dispositif connu sous le nom d'arc de Langmuir a donné lieu à de nombreux travaux [2]. L'étude spectroscopique a permis d'observer dans les régions voisines des électrodes, les quatre premières raies de la série de Balmer, avec un fond continu dû à l'hydrogène atomique [3].

Dans les conditions d'excitation indiquées, la perte en métal des électrodes a été évaluée à 0,05 g/min. (pour l'azote de l'ordre de 1 g/min.). Il a

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 68.

(2) I. Langmuir, *Jour. Amer. Chem. Soc.*, 37, 1925, p. 417; *Gener. Elect. Review.*, 29, 1926, p. 153.

(3) D. Chalonge et Ny-Tsi-Ze, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 243; *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 425.

été possible d'observer, dans certains cas, trois raies d'émission des électrodes :

$$\lambda = 4008,76;\ 4294,62;\ 4302,12\ \text{Å},$$

qui sont précisément les raies ultimes du spectre d'arc du tungstène (W I) [1].

*Arc dans l'ammoniaque.* — L'excitation de l'ammoniaque par ce dispositif met en évidence en plus des raies du tungstène les quatre premières raies de la série de Balmer avec le spectre continu d'hydrogène atomique. De plus, il y a apparition des trois groupes de raies dus à l'atome d'azote neutre :

| | |
|---|---|
| Premier groupe........................ | $\lambda = 6484,88$ |
| Deuxième groupe........................ | 6644,97 |
| Troisième groupe........................ | 6723,12 |

Il faut donc admettre un mécanisme de dissociation complète de $NH^3$ en ses éléments, puis la dissociation de ces éléments en atomes neutres.

On peut donc penser que l'ammoniaque agit à ces températures élevées comme le mélange préalable d'azote et d'hydrogène.

*Arc dans un mélange d'azote et d'hydrogène.* — Cette remarque a conduit à l'étude de l'arc, dans des mélanges en proportion variable d'hydrogène et d'azote, et en particulier dans le mélange $N^2 + 3H^2$.

Dans tous les cas il a été observé :

le spectre de raies dû à l'émission des électrodes;

les quatre premières raies du spectre de Balmer avec le spectre continu de l'atome d'hydrogène;

et enfin, les trois groupes de raies de l'azote atomique neutre.

2. *Étude du spectre continu.* — Afin de déterminer la nature du spectre continu attribué soit aux vapeurs métalliques, soit à l'atome de l'azote, j'ai étudié l'arc dans l'air, dans les différentes régions.

La perte en métal des électrodes a été évaluée à 2,5 g/min; il y a formation d'une grande quantité d'oxyde jaune de tungstène $WO^3$.

Dans un tel arc on observe :

les raies nombreuses du tungstène;

les trois groupes de raies du spectre de l'azote atomique neutre, mais d'intensité beaucoup plus faible que celle obtenue dans l'azote pur et dans les mélanges d'azote et d'hydrogène;

---

(1) F. W. Meggers, *Internat. Crit. Tables V*, p. 323.

et enfin, un spectre continu intense qui recouvre toute la hauteur du spectre et qui se prolonge avec la même intensité vers les petites longueurs d'onde. Ce spectre continu semble être de même nature que celui observé dans l'arc à l'azote en dehors des électrodes. *On peut admettre que ce spectre continu est dû aux atomes métalliques.* Pour confirmer ce résultat des observations ont été faites dans les arcs donnant peu de destruction métallique, c'est-à-dire dans des mélanges d'azote et d'hydrogène où la teneur en azote diminue de plus en plus. Dans ces mélanges le spectre continu est peu intense et disparaît même dans les cas de l'hydrogène pur.

*En résumé*, le spectre de *l'azote atomique* (atome neutre NI) a été observé par excitation de l'ammoniaque, des mélanges d'hydrogène et d'azote, ainsi que de l'air dans l'arc au tungstène étudié précédemment.

L'ammoniaque se comporte dans cet arc comme un mélange préalable de $H^2$ et de $N^2$.

Pour l'hydrogène pur les premières raies d'émission des électrodes (W I) correspondent aux raies ultimes de ce métal. De plus, deux spectres continus ont été observés, le premier dû à l'incandescence des électrodes et le second, à la suite de cette étude, peut être attribué à l'atome du tungstène.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité du samarium.* Note (¹) de MM. **Maurice Curie** et **F. Joliot**, présentée par M. G. Urbain.

Il y a environ un an, G. Hevesy et Pahl ont montré que le samarium émet des rayons α. Ils évaluent le parcours de ces rayons à $1^{cm},13$ dans l'air à la pression atmosphérique normale. La vie moyenne des atomes de samarium serait de l'ordre de $10^{12}$ ans. Ces auteurs utilisaient un compteur de Geiger.

On conçoit l'importance de cette découverte au point de vue de la structure nucléaire et, malgré la critique serrée que ces auteurs ont fait de leurs expériences, il semblait utile que ces recherches fussent poursuivies.

Dans nos premiers essais (²), nous avons utilisé une chambre d'ionisation en relation avec un électroscope de Wulf à haute sensibilité; les résultats furent, dans les grandes lignes, en accord avec ceux obtenus par Hevesy et Pahl.

---

(¹) Séance du 15 janvier 1934.

(²) Voir aussi Maurice Curie et Takvorian, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 923.

Nous avons ensuite employé la méthode des trajectoires de brouillard pour chercher à avoir des résultats objectifs. Le parcours des rayons $\alpha$ émis par le samarium étant petit, il y avait avantage à employer un appareil permettant d'effectuer des détentes à pression réduite afin d'observer des trajectoires plus longues; la pression régnant dans la chambre à détente était, dans nos expériences, voisine de $23^{cm}$ de Hg. La source est constituée par une couche d'oxalate de samarium finement pulvérisé déposée sur une lame de mica de $9^{cm^2}$ de surface.



Les résultats obtenus se résument ainsi : Pour 475 détentes, nous avons photographié (méthode stéréoscopique) 5 trajectoires de rayons $\alpha$ issues du sel de samarium, s'arrêtant dans le volume éclairé de la chambre et une trajectoire plus longue atteignant les parois du cylindre de l'appareil. Nous ne pouvons savoir si ce dernier rayon $\alpha$ provient du sel ou de la paroi et nous admettons qu'il est dû à une contamination radioactive. Les parcours des cinq rayons $\alpha$ qui sont émis par le samarium, sont, en les ramenant à la pression atmosphérique normale d'air, $0^{cm},8$, $0^{cm},16$; $0^{cm},25$, $1^{cm}$, $1^{cm},5$, l'erreur sur ces déterminations pouvant atteindre $2^{mm}$. Le cliché ci-dessus montre une de ces trajectoires de rayons $\alpha$. Cette variation des parcours dans l'air tient au fait que les rayons $\alpha$ proviennent de couches plus ou moins profondes du sel. Le nombre des observations est trop petit

pour pouvoir en déduire une valeur du parcours normal des rayons $\alpha$ dans l'air, mais ces déterminations indiquent que le parcours normal dans l'air n'est pas notablement supérieur à $1^{cm},5$ (valeur un peu plus élevée que celle qui a été donnée par Hevesy et Pahl). Il est important de remarquer que nous ne connaissons pas de radioélément qui émettent des rayons $\alpha$ de parcours aussi petits.

Nos expériences permettent d'estimer l'ordre de grandeur du nombre de particules $\alpha$ qui sortent par minute d'une couche épaisse d'oxalate de samarium ayant une surface de $1^{cm^2}$. Nous trouvons ainsi sept particules $\alpha$ (1) par minute. La valeur de la période que nous pouvons déduire de cette donnée est du même ordre que celle qui est calculée par les auteurs précédents, $10^{12}$ ans. Il est très improbable que cette activité du samarium puisse être attribuée à la présence, en faible proportion, d'une impureté radioactive connue ou inconnue (85, 87, 93). Il y a d'abord les raisons chimiques et spectroscopiques, certains échantillons de samarium avaient été soumis, dans les laboratoires dirigés par M. G. Urbain, au contrôle spectral (spectres K et L et spectres d'étincelles). L'intensité de la radioactivité du samarium n'a pas varié sensiblement en faisant divers essais de séparations chimiques. D'autre part, la recherche du dépôt actif d'une émanation que donnerait une impureté radioactive, comme l'actinium par exemple, a été négative.

Enfin, on peut calculer, en utilisant les relations de Gamow, entre le parcours des rayons $\alpha$ et la constante de désintégration, que la période d'un élément lourd, comme le 85, 87 ou 93, s'ils émettent des rayons $\alpha$ de $1^{cm},5$ de parcours, serait tellement élevée qu'il serait pratiquement impossible d'observer la radioactivité.

La détermination récente des divers isotopes du samarium par Aston permet d'envisager la réaction de désintégration. Parmi les cinq isotopes du samarium, les isotopes 147, 148, 149 sont à considérer : une émission $\alpha$ conduirait aux isotopes 143, 144, 145 du néodyme. La relation entre les

---

(1) On connaît le temps d'efficacité de la détente à cette pression (voisine de $1/100^e$ de seconde). Cinq rayons sont émis par une surface de $9^{cm^2}$ pendant $\frac{1}{100} \times \frac{475}{60}$ minute. Donc $1^{cm^2}$ émet $\frac{5}{9} \times \frac{100}{475} \times 60 = 7$ rayons.

Cette valeur est de l'ordre de celle indiquée par Hevesy et Pahl.

masses serait, s'il s'agit de l'isotope $^{148}_{62}Sm$,

$$^{148}_{62}\mathrm{Sm} = ^{144}_{60}\mathrm{Nd} + ^{4}_{2}\mathrm{He} + 0,0030 \quad (\text{système } ^{16}_{0}\mathrm{O} = 16),$$

la masse équivalente à l'énergie de désintégration du samarium étant 0,003 (énergie cinétique de la particule $\alpha$ augmentée de celle du rayon du recul).

RADIOACTIVITÉ. — *Atomes de recul en milieu gazeux.* Note de M. **La. Goldstein**, présentée par M. Jean Perrin.

Il a été montré ([1]) que le nombre d'atomes de RaA (atomes de recul $\alpha$ du Rn) positivement chargés à la fin de leur parcours de recul dans un mélange de radon et de gaz, tels que : air au $O^2$, est *de* 83 *pour* 100 environ. Les atomes de RaA chargés étaient extraits du gaz par un champ électrique d'intensité suffisante pour obtenir la saturation du courant d'ionisation existant dans le gaz.

Ce nombre n'est que de 32 pour 100 environ lorsque, dans les mêmes conditions de saturation, le radon est mélangé à un gaz rare tel que Ar, He ou Ne, soigneusement purifié.

Les nombres obtenus 83 et 32 pour 100 sont indépendants de la pression des mélanges gazeux, de la concentration en radon, ainsi que de la forme et des dimensions des appareils d'activation. Ils varient (de 32 à 83 pour 100 environ) suivant la nature des milieux gazeux au sein desquels les atomes de RaA prennent naissance; et, en particulier, suivant leur affinité électronique.

Nous avons, en effet, pu mettre en évidence ([2]) le fait que lorsqu'on augmente l'affinité électronique du milieu gazeux (gaz rare avec des impuretés électronégatives en quantités croissantes, ou impuretés en quantités constantes mais à pression de gaz rare croissante), le nombre d'atomes de RaA positivement chargés à la fin de leurs parcours de recul dans ce milieu, augmente également.

Nous avons interprété ces résultats de la façon suivante : un atome de recul ($\alpha$) dans son mouvement de recul, par suite des premiers chocs qu'il subit avec les atomes ou molécules du milieu gazeux, s'ionise (ou s'il était

([1]) La. Goldstein, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1450 et **192**, 1931, p. 1373.

([2]) La. Goldstein, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1792.

déjà chargé à la naissance s'ionise davantage). La probabilité pour qu'un tel atome de recul conserve une charge positive à la fin de son parcours de recul est d'autant plus grande que l'affinité pour l'électron du milieu gazeux est plus forte. L'objet de la présente Note est de montrer les résultats obtenus lors de l'activation d'une électrode négativement chargée, plongée dans une atmosphère de radon et : 1° d'hydrogène très pur; 2° de vapeur de brome.

*Hydrogène pur.* — L'hydrogène a été soigneusement purifié et notamment débarrassé d'impuretés électronégatives telles que $O^2$ et $H^2O$. La pureté du gaz fut vérifiée, d'une part, spectroscopiquement et, d'autre part, par l'examen de la courbe de saturation du courant construite lors de l'activation dans ce gaz. On sait en effet ([1]) que dans l'hydrogène très pur, par suite des grandes mobilités des ions des deux signes dans ce gaz et par suite de la présence probable d'électrons libres, même sous la pression normale, les courbes de saturation présentent une analogie avec celles obtenues dans les gaz rares.

Les activations ont été faites dans les conditions de saturation du courant d'ionisation (intensité du champ de l'ordre de 10 volts par centimètre, la distance des électrodes étant $40^{mm}$) pour chaque pression, laquelle variait de 140 à $250^{mm}$ de Hg.

Le nombre d'atomes de Ra A chargés à la fin de leur parcours de recul, dans ce gaz, variait très légèrement de 36 à 32,5 pour 100 lorsque la pression variait dans *les limites ci-dessus données*. Ce résultat reste, malgré l'apparence, en accord avec l'hypothèse de l'influence de l'affinité électronique du milieu sur le nombre d'atomes de Ra A recueillis par une cathode dans les conditions indiquées, si l'on remarque que la variation de ce nombre, contrairement à ce que l'on observe dans les gaz d'affinité électronique nulle avec la pression de l'hydrogène, doit être attribuée au fait que l'activation des électrodes par recul direct dans ce gaz prend une certaine importance et devient d'autant plus grande que la pression de ce gaz est plus basse; ce que l'on observe. Nous savons, en effet ([2]), que le parcours d'un atome de recul $\alpha$ dans l'hydrogène à la pression atmosphérique est environ 0,75 à $0^{mm},8$ et que ce parcours augmente proportionnellement quand la pression diminue.

Si l'on fait donc abstraction de l'activation des électrodes par recul

([1]) DA SILVA, *Ann. de Phys.*, **12**, 1929, p. 139.

([2]) WERTENSTEIN, *Thèse*, présentée à la Faculté des Sciences de Paris, juin 1913.

direct, on obtient, pour le nombre d'atomes de Ra A chargés positivement à la fin de leur parcours de recul, dans l'hydrogène pur, 32 pour 100 environ. Ce nombre est sensiblement le même que celui obtenu avec, comme milieu d'activation, les gaz rares très purs.

*Vapeur de brome.* — Nous avons utilisé la tension de vapeur du brome liquide à différentes températures, comme milieu d'activation, d'affinité électronique non nulle. La saturation du courant d'ionisation dans ce gaz est obtenue suivant la pression de la vapeur de brome (¹) (pour une densité de courant du même ordre de grandeur) avec des champs d'intensité variant de 44 volt/cm à 115 volt/cm. L'activation ayant eu lieu pour *chaque pression* dans les conditions de saturation, c'est-à-dire sous une tension pour laquelle le courant d'ionisation est saturé; le nombre d'atomes de Ra A positivement chargés à la fin de leur parcours de recul dans la vapeur de brome, a été trouvé égal à 79 pour 100 environ. Ce nombre diffère peu de ceux obtenus avec de l'air ou de l'oxygène pur, comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre.

La vapeur de brome semble, en effet, se comporter du point de vue de l'affinité électronique, sensiblement de la même manière que l'oxygène (²); la difficulté de l'obtention de la saturation du courant (champ intense) montre que les électrons ne restent pas libres dans la vapeur de brome même sous des pressions bien inférieures à la pression atmosphérique, mais se fixent sur des molécules ou atomes de brome (dissociation de $Br^2$ par ionisation), comme dans l'oxygène et ne peuvent pas en être extraits avec des champs de faible intensité, comme cela a lieu dans l'hydrogène et les gaz rares purs.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les rayons γ produits par le passage des neutrons à travers les substances hydrogénées.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Dans une Note récente (³) Lea indique que le passage des neutrons du glucinium à travers la paraffine ou d'autres substances hydrogénées,

---

(¹) La pression de la vapeur de brome variait de 65 à $200^{mm}$ de Hg environ.

(²) L'affinité de l'oxygène ainsi que celle du brome pour l'électron a été mise en doute par certains auteurs. La discussion de ces questions va faire l'objet d'une publication ultérieure plus étendue.

(³) *Nature*, 133, 1934, p. 24.

excite une radiation $\gamma$ pénétrante, de quantum moyen compris entre 2 et 4 MVe (million de volts étectrons). Il attribue ces rayons à la constitution, lors de certains chocs entre neutrons et protons, de deutons (noyaux d'hydrogène de poids atomique 2). Cette formation, si l'on admet pour la masse du neutron la valeur 1,0067 indiquée par Chadwick, dégagerait environ 1 MVe, énergie à laquelle vient s'ajouter la moitié de l'énergie cinétique du neutron incident, puisque l'ensemble formé, de masse 2, continue le mouvement avec une vitesse réduite de moitié. L'ensemble de l'énergie libérée atteindrait ainsi les 2 à 4 MVe que l'on trouve dans le quantum $\gamma$. Il faudrait pour expliquer l'intensité du rayonnement observé qu'un quart des chocs soit suivi de la constitution d'un deuton.

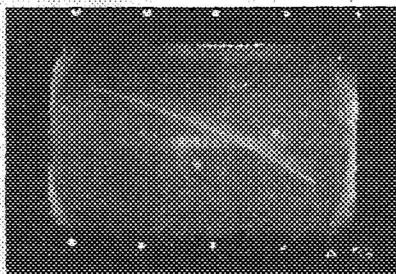
2. De nombreuses observations de trajectoires excitées par le neutron dans l'hydrogène m'ont permis de mettre en évidence l'existence d'un groupe de trajectoires courtes, très abondantes. L'idée que ce seraient là des trajectoires de deutons paraît séduisante mais elle se heurte à des difficultés, surtout en ce qui concerne la répartition des trajectoires après le choc. Si en effet une particule unique est constituée par le proton et le neutron, elle doit se mouvoir après le choc très sensiblement dans la direction initiale du neutron, et nous devrions observer des trajectoires courtes dirigées suivant la direction opposée à la source des neutrons. Ce n'est pas ce que M. Monod-Herzen et moi avons observé (¹), la distribution présente au contraire un minimum dans cette direction, aussi bien pour les trajectoires courtes que pour les trajectoires longues, dues aux neutrons rapides. [Je dois signaler qu'une répartition très différente a été trouvée par Kurie (²), avec les protons rapides projetés par les neutrons dans la paraffine; après différentes corrections l'auteur admet que ses résultats indiquent un maximum dans la direction opposée à la source.]

Pour tirer la question plus au clair, j'ai commencé des mesures de $e/m$ des particules projetées, en étudiant la courbure de leur trajectoire dans un champ magnétique de 7 à 8 mille gauss. Il faut aussi connaître la vitesse des particules; pour les protons, je me suis servi des données de Blackett et Lees, et pour le deuton, j'ai fait quelques hypothèses simples qui permettent d'adapter les mêmes données à ce nouveau cas. Pour le même parcours, les courbures magnétiques des deux particules doivent être différentes d'au

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1102.
(²) *Physical Review*, 44, 1933, p. 463.

moins 50 pour 100. Les quelques cas mesurables avec certitude jusqu'ici se rapportent certainement à des protons (figure ci-dessous).

3. Il y a d'ailleurs de grosses difficultés théoriques dans l'interprétation de Lea. En effet, il faut que le photon $\gamma$ soit constitué pendant le choc lui-même, puisque le deuton, dont le défaut de masse est faible, ne peut porter une énergie d'excitation de plusieurs MVe, et la durée du choc étant nécessairement très petite, soit $10^{-21}$ seconde, la probabilité de l'émission $\gamma$ devient très petite. En réalité pour qu'un choc non élastique ait quelques chances de se produire, il faut que l'énergie libérée soit emportée après le choc par un corpuscule, soit à l'état d'énergie cinétique, soit à l'état d'énergie d'excitation. Ainsi on ne connaît pas de cas où un noyau captu-



rant une particule émettrait du rayonnement $\gamma$ sans subir une désintégration. En second lieu il semble bien que les neutrons les plus lents auraient le plus de chances de produire les deutons et le rayonnement émis aurait alors un quantum peu supérieur à 1 MVe.

4. Une interprétation qui ne donnerait pas prise à ces critiques, tant expérimentales (répartition des trajectoires, valeur de $e/m$) que théoriques, peut être trouvée si l'on adopte pour la masse du neutron une valeur supérieure à celle du proton, soit 1,011 suivant M. et Mme Joliot-Curie, soit 1,009 valeur moyenne résultant de l'ensemble des cas de transmutation connus. Le proton est alors considéré comme résultant de la combinaison d'un neutron et d'un positron avec une perte de masse de 2 à 4MVe, cet ensemble pouvant se décrire comme un neutron autour duquel tous les niveaux d'énergie négative d'électrons sont occupés, sauf un. On peut concevoir qu'un tel système soit excité, en ce sens que le niveau non occupé peut être transféré à des valeurs plus grandes, et le retour à l'état normal, d'énergie la plus basse, se ferait avec émission d'un rayon $\gamma$; la valeur du quantum d'un tel rayon $\gamma$ peut approcher de la valeur de la perte de masse (comparable à une énergie d'ionisation du proton) sans l'atteindre. Le neu-

tron au contraire, quoique pouvant résulter de l'absorption d'un électron par un proton, est une particule élémentaire, et ne peut être excité. Dans ces conditions, l'impact direct d'un neutron sur un proton peut amener l'excitation de celui-ci, au cours d'un choc non élastique, et l'énergie d'excitation, égale au plus à la moitié de l'énergie cinétique du neutron, serait aussitôt réémise sous forme d'un photon $\gamma$ dont le quantum pourrait atteindre suivant les hypothèses 2 à 4 MVe. Les trajectoires des protons après ces chocs seraient plus inclinées sur celles des neutrons incidents qu'après les chocs élastiques, mais sans amener pour cela la formation d'un maximum en avant dans leur répartition. Il est d'ailleurs à remarquer que ce seraient ici les neutrons de grande énergie cinétique et surtout ceux présentant une résonance avec les niveaux d'excitation des protons, qui produiraient l'effet étudié ici. Ceci conduirait peut-être à des répercussions sur la répartition des trajectoires des protons.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rayonnement complexe excité dans l'aluminium par les particules $\alpha$.* Note de M. P. Savel, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que le rayonnement excité dans l'aluminium soumis au bombardement des particules $\alpha$ se compose de neutrons et de photons (¹). Nous donnons ici des précisions sur la composition de ce rayonnement et sur les conditions de son excitation.

Comme pour nos expériences sur le fluor (²) nous avons utilisé la chambre d'ionisation à pression élevée contenant soit de l'argon, soit de l'hydrogène sous 25 atmosphères. Deux sources de particules $\alpha$ ont été employées; une de polonium de 80 millicuries déposée sur nickel, une deuxième de Po, d'intensité comparable, mais déposé par volatilisation sur aluminium. Dans ce dernier cas le rendement d'excitation est très augmenté.

*Rayonnements $\gamma$ et neutron de l'aluminium.* — L'aluminium émet un rayonnement $\gamma$ complexe. Il semble composé de deux radiations; une très

(¹) J. Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 397; Webster, *Proc. Roy. Soc.*, 136, 1932, p. 428; P. Auger et G. Monod-Herzen, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 543.

(²) P. Savel, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1482.

absorbable, un écran de plomb de $3^{mm},5$ d'épaisseur diminue son intensité de moitié, ce qui correspond à un coefficient d'absorption massique $\mu/\rho_{Pb} = 0,17$ et à un quantum d'énergie voisine de 550000 eV. La seconde radiation trois fois plus intense donne un $\mu/\rho_{Pb} = 0,045$ correspondant à une énergie quantique de $2.10^6$ *e*V environ.

L'absorption comparée de ces rayonnements dans des écrans de paraffine et de plomb de masse superficielle égale permet d'affirmer qu'ils sont en grande partie composés de photons.

L'argon de la chambre d'ionisation étant remplacé par de l'ydrogène, on a trouvé que le rayonnement neutron était aussi formé de deux composantes. Un écran de plomb de $1^{mm},7$ d'épaisseur diminue l'intensité de la première de moitié, tandis qu'il faut $1^{cm},63$ de plomb pour réduire dans la même proportion l'intensité de la deuxième. L'écran de 4,4 $g/cm^2$ de paraffine absorbe 34 pour 100 du rayonnement le moins pénétrant et 29 pour 100 du rayonnement dur; celui de plomb absorbe respectivement 22 pour 100 et 15 pour 100, ce qui indique nettement que l'ionisation produite dans ces conditions est bien due aux neutrons.

On a très peu de renseignements sur le parcours des protons projetés par les neutrons de l'Al, il est ainsi difficile de prévoir l'énergie de ces derniers. Cependant, grâce aux résultats connus pour le lithium et le bore, on peut tracer la courbe représentative de l'énergie des neutrons en fonction de leur pouvoir de pénétration dans le plomb; on déduit de cette manière une énergie voisine de $2.10^6$ eV pour les neutrons les plus rapides.

*Excitation des rayonnements $\gamma$ et neutron.* — On étudie comment varie l'excitation des rayonnements $\gamma$ et neutron en fonction de l'énergie des rayons $\alpha$ incidents; on emploie pour cela l'appareil déjà décrit (¹). L'excitation du rayonnement $\gamma$ commence pour une énergie minimum des particules $\alpha$ de 3 à $3.10.^6$ eV ($R\alpha$ $1^{cm},8$-$1^{cm},9$); l'émission des neutrons débute pour des particules $\alpha$ de 4 à $4.3.10^6$ eV d'énergie ($R\alpha = 2^{cm},9$). L'examen de cette dernière courbe indique que le noyau d'Al possède un niveau de résonance correspondant à une énergie de $4.6.10^6$ eV.

La hauteur de la barrière d'énergie potentielle du noyau d'Al pour les particules $\alpha$ est certainement supérieure à $6.10^6$ eV (²); il en résulte que les particules $\alpha$ du $P_0$ d'énergie maximum $5.25.10^6$ eV ne peuvent pénétrer dans le noyau qu'en traversant cette barrière par un niveau de résonance.

---

(¹) *Loc. cit.*

(²) W. Riezler, *Proc. Roy. Soc.*, 134, 1932, p. 168.

*Origine de ces rayonnements.* — Le rayonnement électromagnétique de 550000 eV pourrait être dû à l'annihilation des électrons positifs de l'Al [1].

D'après les expériences de désintégration artificielle de l'Al [2], chaque paire de protons serait accompagnée d'une radiation $\gamma$ d'énergie quantique de 2 à $3.10^6$ eV, l'énergie de la composante $\gamma$ pénétrante que nous trouvons est bien dans la limite de l'erreur; cependant il faut remarquer que son excitation commence pour une énergie des particules $\alpha$, inférieure à celle qui est nécessaire pour l'émission des protons ($3.3.10^6$ eV au lieu de $4.10^6$ eV). On retrouve ici, toutefois d'une façon moins nette, le phénomène observé pour le fluor et le lithium. Néanmoins il est nécessaire de vérifier que c'est bien l'excitation de la composante $\gamma$ dure qui commence la première.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure des alliages or-cuivre.* Note de MM. **W. Broniewski** et **K. Wesolowski**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les alliages or-cuivre sont constitués, après solidification, par des solutions solides continues où la formation des composés définis a lieu par réaction à l'état solide. L'existence des composés AuCu et $AuCu^3$ est généralement admise, alors que celle du $Au^2Cu^3$, annoncée récemment, est sujette à discussion.

MM. Kurnakow, Zemczuzny et Zasedatelew (1916) établissent la formation de AuCu et $AuCu^3$ à l'état solide, ce qui s'est trouvé confirmé par plusieurs recherches. MM. Haughton et Payne (1931) affirment, en plus de ces combinaisons, l'existence de $Au^2Cu^3$ qui ne serait stable qu'entre 360° et une température indéterminée, qui serait voisine de 250°. MM. Grube, Schönmann, Vaupel et Weber (1931) ne trouvent pas ce composé pour aucune limite de température, alors que MM. Le Blanc et Wehner (1932) le retrouvent, même à la température ordinaire.

Étant données ces contradictions, nous avons cru utile de reprendre la question.

Nos alliages furent préparés dans un creuset de graphite au four électrique à haute fréquence et homogénéisés 50 heures à 800°. Après étirage

---

(1) F. Joliot, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1622; 198, 1934, p. 81; Thibaud, *ibid.*, 197, 1933, p. 1629.

(2) Chadwick et Constable, *Proc. Roy. Soc.*, 135, 1932, p. 48.

à 5mm pour les mesures autres que l'analyse thermique, ils étaient chauffés 1 heure à 650° et soit trempés à l'eau, soit refroidis en 50 heures avec arrêt prolongé vers 300°.

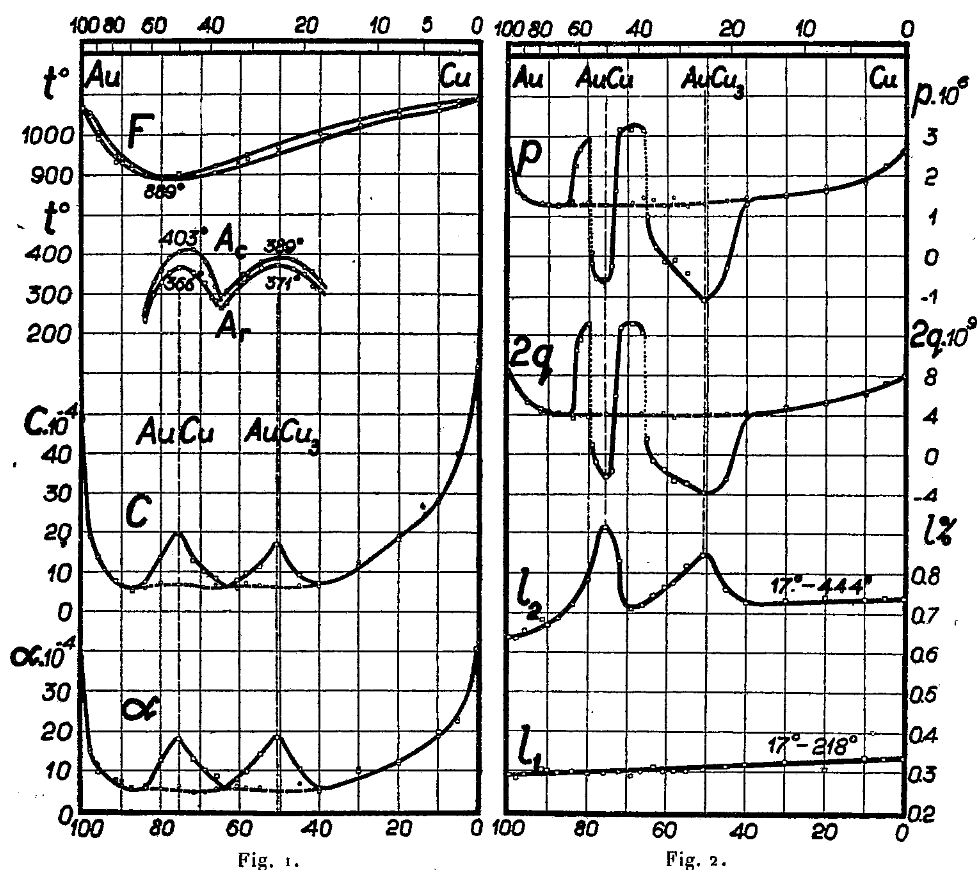



Fig. 1. Fig. 2.

Pour 100 atomique de cuivre.
Pour 100 de cuivre en poids.

F, courbe de solidification; $A_c$ et $A_r$, arrêts à l'échauffement et au refroidissement enregistrés pa la méthode différentielle; C, conductivité électrique à 0° en ohms; α, coefficient de température de la résistance électrique entre 0 et 100°; $p$, pouvoir thermoélectrique entre —80° et —100°; $l_1$ et $l_2$, allongement en pour 100 par échauffement entre 17 et 218° ainsi que entre 17 et 444°. Les courbes en trait continu correspondent aux alliages lentement refroidis, en trait interrompu aux alliages trempés.

Les mesures étaient faites à températures constantes de fusion ou d'ébullition, comme dans nos études antérieures [1]. La solidification et la trans-

---

[1] *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1412; 194, 1932, p. 973 et 2047; 196, 1933, p. 1793.

formation des alliages avait été étudiée par enregistrement photographique donnant moins de prise que l'étude par points à une appréciation individuelle. Les résultats sont reproduits sur les diagrammes ci-dessus :

Sur la courbe de solidification F, apparaît un minimum à 889° vers 80 pour 100 d'or. Les autres diagrammes montrent, pour les alliages recuits, des points singuliers correspondant aux combinaisons AuCu et $AuCu^3$.

Sur les diagrammes A, C et $\alpha$ ces combinaisons sont indiquées par des maxima, et sur les courbes $p$ et $2q$ par des minima. Ces dernières courbes montrent, au voisinage de 78,5 et de 66, 5 pour 100 d'or, une discontinuité indiquée en pointillé. La discontinuité marque probablement les limites du domaine de AuCu, où ce composé fait office de dissolvant.

Sur la figure 1, aucun point singulier n'apparaît, la dilatation des composés ne se distinguant pas sensiblement des autres alliages. Par contre la courbe 1 marque, par des maxima, la dissociation des combinaisons AuCu et $AuCu^3$, dont la formation est accompagnée d'une contraction linéaire voisine respectivement de 0,20 et de 0,15 pour 100.

Nos résultats confirment ainsi la formation, à l'état solide, des composés AuCu et $AuCu^3$, solubles avec les métaux constituants. Des mélanges n'apparaissent qu'entre 65,5 et 62 pour 100 d'or environ et sont reconnaissables à ce que la phase AuCu possède une structure martensitique alors que tous les autres alliages or-cuivre se montrent polyédriques.

En ce qui concerne la combinaison $Au^2Cu^3$, indiquée par MM. Haugton et Payne sur des bases quelque peu fragiles (un point écarté d'une courbe sujette à des écarts), nous ne trouvons dans nos recherches aucun indice permettant de supposer son existence soit à l'état stable, soit à l'état labile.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode générale de dosage du soufre dans les substances organiques*. Note (¹) de M. **Ernest** et Mme **Marcelle Kahane**, présentée par M. G. Urbain.

L'application de l'acide perchlorique à l'oxydation des substances organiques en vue du dosage du soufre a été proposée par E. Kahane (²) pour

(¹) Séance du 15 janvier 1934.
(²) E. Kahane, *Caoutchouc et Gutta-Percha*, 24, 1927, p. 13549.

l'analyse du caoutchouc, puis, en collaboration avec L. Lematte et G. Boinot ([1]), pour l'analyse des substances biologiques.

La méthode décrite, qui consistait simplement à attaquer la substance par un mélange d'acide nitrique fumant et d'acide perchlorique, a été utilisée par de nombreux auteurs pour le dosage du soufre de diverses substances biologiques. Outre cela, la technique de dosage du soufre dans le caoutchouc a été étudiée avec soin par plusieurs auteurs (Mackay, Wolesensky, etc.), puis adoptée avec des modifications de détail. L'application de l'acide perchlorique au dosage du soufre dans la houille est moins aisément réalisable, et Smith et Deem qui l'ont récemment étudiée, ont été obligés de recourir à l'adjonction de vanadate d'ammonium comme catalyseur.

En réalité, l'étude critique de la méthode n'avait pas été faite et les publications citées, qui introduisaient le mélange nitro-perchlorique parmi les réactifs oxydants, n'avaient pas d'autre ambition que de donner le principe de la méthode perchlorique de dosage du soufre dans les substances organiques.

Nous avons entrepris cette étude critique en essayant d'appliquer l'oxydation nitro-perchlorique à un certain nombre de substances chimiques définies. Pour certaines d'entre elles, nous avons trouvé un résultat satisfaisant; mais nous avons constaté que l'attaque de la plupart de ces substances donnait lieu à une perte appréciable de soufre, entraîné sous forme d'hydrogène sulfuré ou d'anhydride sulfureux aisément caractérisables.

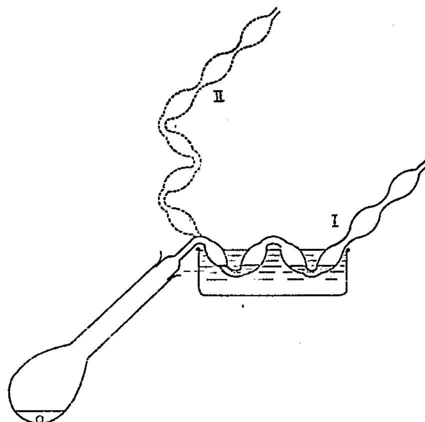
Nous avons essayé de remédier à cet entraînement par différents artifices dont certains ont été efficaces pour la majeure partie des substances étudiées. Mais, désireux de décrire une méthode aussi générale que possible, nous avons poursuivi nos recherches jusqu'à trouver une technique qui, avec le minimum de complication, permette non seulement l'oxydation complète du soufre des substances organiques les plus diverses, mais encore celui des substances minérales difficiles à oxyder quantitativement en milieu acide, telles que les sulfures, les hyposulfites et le soufre lui-même.

Nous avons obtenu ce résultat par l'association d'une petite quantité d'acide iodique au mélange nitro-perchlorique et par l'emploi d'un appareil simple composé d'une fiole Kjeldahl portant sur un bouchon rodé un

([1]) L. Lematte, G. Boinot et E. Kahane, *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1927, p. 1211.

barboteur en forme de W, dont les branches sont soufflées en olives allongées (voir figure).

La substance à attaquer est introduite dans la fiole Kjeldahl avec les acides nitrique, perchlorique et iodique, cependant que le barboteur, placé dans la position I et plongé dans un cristallisoir d'eau froide, est garni d'une solution d'acide iodique, en volume suffisant pour fermer le tube coudé. L'attaque de la substance se fait sponta-



Appareil à barboteur en W.

nément ou par chauffage, sans nécessiter aucune précaution spéciale. Les liquides condensés dans le barboteur sont ramenés à la fin de l'opération dans la fiole laboratoire par simple renversement du barboteur qui prend la position II par rotation de 180° autour du rodage. Par ébullition de la liqueur, le barboteur est alors automatiquement rincé, sans manipulation supplémentaire. L'ébullition est prolongée jusqu'à apparition des fumées d'acide perchlorique, puis l'acide iodique est réduit par l'iodure de sodium, l'hydrazine ou le formol, et la majeure partie de l'excès d'acide perchlorique est neutralisée à la soude. Le dosage de l'acide sulfurique par précipitation du sulfate de baryum est alors effectué par la technique habituelle.

Cette méthode est commode et rapide. L'attaque de 100 à 200$^{mg}$ de substance organique par 2$^{cm^3}$ d'un mélange de 2 parties de $ClO^4H$ ($d = 1,61$) et 1 partie $NO^3H$ ($d = 1,39$) dure une dizaine de minutes.

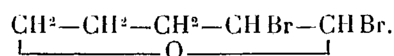
De plus, elle paraît générale, car elle a donné de bons résultats par application aux substances chimiquement définies suivantes, dont plusieurs ont été aimablement mises à notre disposition par MM. Delépine, Bougault et Courtot et Chiffert : soufre, sulfure de zinc, hyposulfite de sodium, thiocyanate d'ammonium, acide sulfanilique, acide campho-sulfonique, sulfimide benzoïque, thiourée, allylthiourée, thiosulfocarbamylacétylimide, sulfure de paracrésyle, sulfure de triphénylphosphine, cystine,

cystéine, diéthylsulfone-diméthylméthane, sulfoxyde de chloréthyle, chlorure de tri-tolylthionium, chlorures de tri-xylylthionium.

Cette méthode est applicable à l'analyse des substances biologiques et de nombreux produits industriels, tels, par exemple, que le caoutchouc et les combustibles où le dosage du soufre présente un intérêt capital.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés bromés du tétrahydropyrane.* Note de M. R. PAUL, présentée par M. C. Matignon.

A — 15° le brome réagit énergiquement sur le dihydropyrane en solution dans le tétrachlorure de carbone pour donner l'époxy-1.5-dibromo-1.2-pentane :




Ce dibromure n'a d'ailleurs pu être isolé à l'état pur. Par distillation sous pression réduite, on obtient un liquide incolore, fumant à l'air, et bouillant à 96-98° sous $9^{mm}$. Sa teneur en brome correspond bien à celle du composé prévu (Br pour 100 : trouvé, 65,29; calculé, 65,57), mais l'examen de ces constantes y révèle la présence d'impuretés :

$d_{18}^{14} = 1,930$, $n_D^{14} = 1,56676$, R. M. = 41,20, trouvée, R. M. = 40,26, calculée.

Rectifié lentement avec une longue colonne, il se décompose en effet presque entièrement, en donnant un liquide bouillant à 63° sous $22^{mm}$ (corr.) et possèdant une fonction éthylénique : c'est l'époxy-1.5-bromo-4-pentène-4, résultant du départ d'une molécule d'acide bromhydrique :




Le dosage du brome (Br pour 100 : trouvé, 48,99; calculé, 49,07) et ses constantes sont en bon accord avec la formule précédente

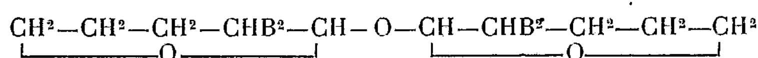
$d_{18}^{16} = 1,54$, $n_D^{16} = 1,51194$, R. M. = 31,76, trouvée, R. M. = 32,03, calculée.

La façon de se comporter du dihydropyrane vis-à-vis du brome, très semblable à celle de la coumarone [1], est intermédiaire entre celle des composés éthyléniques aliphatiques (simple addition de brome) et celle des composés aromatiques (addition de brome immédiatement suivie d'un

[1] STOERMER et KAHLERT, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 1633.

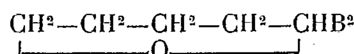
départ d'hydracide) : dans un intervalle de température relativement peu étendu, on peut en effet obtenir soit le dérivé d'addition, soit le dérivé de substitution.

Abandonné quelque temps au contact de l'eau, l'époxydibromopentane perd la moitié de son brome en donnant un produit visqueux, qui se prend assez rapidement en masse. Un traitement au noir actif et quelques cristallisations dans l'alcool, permettent d'isoler des cristaux blancs, fusibles à 110°. Une cryoscopie (M = 347 trouvé; M = 344 calculé) et le dosage du brome (Br pour 100 = 46,20 trouvé; Br pour 100 = 46,51 calculé) font considérer ce corps comme l'acétal symétrique




Très peu soluble dans l'eau, il ne s'hydrolyse que très lentement par ébullition avec les acides étendus.

L'époxy-1-5-bromo-5-pentane




a été préparé en dirigeant un courant de gaz bromhydrique rigoureusement sec dans le dihydropyrane refroidi à 0°. La réaction est très rapide. Par distillation on isole le produit cherché sous forme d'un liquide fumant à l'air et bouillant à 61° sous 16$^{mm}$ (Br pour 100 = 48,33 trouvé; Br pour 100 = 48,48 calculé). Fraîchement distillé il est incolore, mais il s'altère rapidement — probablement sous l'influence d'impuretés qu'on n'a pu identifier — et est complètement résinifié au bout de quelques jours.

$d_{15}^{8} = 1,502$; $n_D^{8} = 1,51285$; R. M. trouvée = 33,01; calculée = 32,5.

Les travaux de K. H. Meyer et de Lenhardt sur la copulation des diazoïques avec les éthers phénoliques (1) ont mis en lumière la remarquable réactivité de la double liaison du groupement vinylique — CH = CH.OR : la facile addition de l'acide bromhydrique au dihydropyrane est un nouvel exemple de cette grande aptitude réactionnelle. D'ailleurs, bien que la littérature chimique ne donne aucun renseignement à ce sujet. il est vraisemblable que tous les éthers vyniliques se comportent d'une façon analogue vis-à-vis des hydracides anhydres.

(1) K. H Meyer et Lenhardt, *Ann. Chem.*, 398, 1913, p. 66.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique du versant nord des Pyrénées.*
Note de M. **Marcel Casteras**, présentée par M. L. Cayeux.

M. Léon Bertrand (¹) veut bien citer mon Mémoire récent sur la Structure du versant nord des Pyrénées centrales et orientales (²). Il croit toutefois voir des contradictions dans mon interprétation des relations entre la Zone axiale et les blocs pyrénéens plus frontaux.

Je note d'abord que M. Léon Bertrand ne revient pas sur le problème fondamental qui m'a occupé. Les faits observés, notamment vers les terminaisons longitudinales des massifs, ont confirmé l'enracinement de tous les blocs nord-pyrénéens au Nord de la Zone axiale. Cette disposition relève d'une tectonique tangentielle, mais d'une tectonique de fond, pouvant aller jusqu'à des cassures plongeant au Sud avec des inclinaisons de 45°, et même fréquemment plus fortes.

Quant aux contradictions relevées dans mes coupes, elles résideraient dans le fait que, suivant le contact de la Zone axiale avec les massifs limitrophes, tantôt du Primaire axial vient s'appuyer vers le Nord sur des gneiss plus anciens, ce qui prouverait un abaissement de la Zone axiale, tantôt du Secondaire se loge le long du même contact, et il est alors chevauché par le Primaire de la Zone axiale, ce qui prouverait une surélévation d'ensemble de celle-ci.

N'y a-t-il pas là confusion entre deux choses : d'une part, la structure même du socle, provenant des plissements hercyniens, et, d'autre part, celle ultérieurement acquise du fait des mouvements secondaires et post-secondaires qui ont affecté aussi bien le socle que son revêtement sédimentaire ?

La succession des phénomènes doit être rétablie ainsi. Le socle antépermien s'est plissé et a été injecté de granite; c'est ce qui constitue la phase hercynienne dans la formation de la chaîne. Elle amène déjà suivant une horizontale la juxtaposition de terrains très différents. Puis il y eut une érosion, suivie d'une *transgression discordante* qui a fait reposer la couverture sur n'importe quel élément du socle : granite, gneiss, étages successifs du Primaire. Ensuite, après le dépôt de la couverture post-hercynienne,

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 187.
(²) *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 137, n° 189, 1933, p. 1.

sont intervenus les plissements proprement pyrénéens, secondaires et tertiaires. Sont alors seuls à considérer *les déformations de la surface de base de la couverture* — c'est là une constatation essentielle de la tectonique de fond — *et les plissements de cette couverture*. Ainsi, et seulement ainsi, on peut obtenir des renseignements sur l'évolution pyrénéenne des blocs du fond et je pense que, dans l'ensemble, la Zone axiale est surélevée par rapport aux unités plus frontales, qu'elle a parfaitement pu chevaucher.

Or M. Léon Bertrand s'adresse alternativement aux deux tectoniques d'âge différent : tantôt il compare, d'après leur nature, les compartiments du socle; tantôt il fait intervenir les déformations de la couverture discordante. Et c'est ainsi qu'on aboutit à des contradictions.

Prenons un exemple sur une coupe précise empruntée à mon Mémoire (pl. VI, coupe n° 7). Examinons les relations entre la Zone axiale et le bloc constitué par le socle du Massif de Salvezines et par sa couverture secondaire. Sur le front de la Zone axiale affleure du Houiller. Avec M. Léon Bertrand, on serait amené à voir la Zone axiale comme surélevée par rapport au bloc plus frontal, en considérant dans celui-ci le synclinal de terrains secondaires qui vient immédiatement en avant de la Zone axiale. La conclusion serait inverse en considérant, toujours sur une même horizontale, par rapport au Houiller de la Zone axiale, les gneiss qui affleurent, plus au Nord, dans le cœur même du Massif de Salvezines.

Pour ce qui est des roches éruptives, que je n'ai, du reste, pas particulièrement étudiées, mes observations rejoignent celles de tous les auteurs pyrénéens : localisation des lherzolites dans le Secondaire métamorphique, association habituelle des ophites et du Trias. Quant aux terrains secondaires métamorphiques que l'on trouve au Nord de la Zone axiale, entre celle-ci et l'alignement des massifs hercyniens plus frontaux, je crois avoir montré qu'ils ne sont pas charriés à partir de la Zone axiale et qu'ils appartiennent au revêtement sédimentaire normal des massifs nord-pyrénéens. L'état métamorphique n'y est pas absolument général : il s'y révèle d'intensité très inégale; on le voit s'éteindre latéralement. Le métamorphisme ne saurait caractériser des unités tectoniques. A ce sujet, la région de Tarascon-d'Ariège me paraît particulièrement probante.

GÉOLOGIE. — *Les gisements d'hydrocarbures minéraux de la Syrie et du Liban.* Note M. L. DUBERTRET, présentée par M. Ch. Jacob.

L'éventualité d'un prolongement de la zone pétrolifère irakienne en Syrie et au Liban a conduit le Haut-Commissariat de la République française à faire étudier d'un point de vue général les ressources en hydrocarbures de ces pays.

La Syrie et le Liban correspondent à une aire continentale, pourvue d'une couverture sédimentaire relativement peu puissante, sans bassins de subsidence analogues au bassin pétrolifère irakien. On peut y distinguer deux principales provinces, caractérisées par des faciès différents.

I. *La zone côtière méditerranéenne*, dont la sédimentation revêt un caractère local. Les hydrocarbures y existent surtout en tant qu'imprégnations bitumineuses de calcaires poreux ou de marnes; l'origine du bitume paraît se trouver le plus souvent dans des niveaux campaniens et maestrichtiens inférieurs.

Dans la région frontière syro-transjordanienne, le ravin du Yarmouk et des sondages ont découvert $50^m$ d'asphalte maestrichtien inférieur, analogue à celui de la retombée orientale de la Judée près de Jérusalem. Le même asphalte existe à Doumar près de Damas.

On le rencontre aussi à Hasbaya, pincé entre les terminaisons méridionales du Liban et de l'Anti-Liban; et il paraît y avoir été lessivé par les infiltrations, de sorte que le bitume s'est accumulé à l'état pur dans les fissures du massif crayeux. Également à Mar Chlita, dans le Liban Nord, se sont produites des accumulations de bitume pur à l'intérieur de géodes de quartz et de calcite, situées dans les calcaires cénomaniens.

Des imprégnations nombreuses, dispersées dans le Cénomanien, le Sénonien, l'Éocène et le Miocène, se situent à l'Est de Lattaquié dans la vallée du Nahr el Kebir, le long du contact de la nappe de gabbros et de serpentines du Nord-Ouest de la Syrie avec le horst alaouite. Elles pourraient résulter de l'écrasement de formations bitumineuses, principalement sénoniennes, soit lors du charriage de la nappe au début du Sénonien, soit lors de déformations postérieures. Ces mêmes couches alimentent peut-être un filet de pétrole sombre, trouvé à l'entrée de Lattaquié.

A Tchenguène, $17^{km}$ au Sud-Ouest d'Alexandrette, suinte dans le haut d'une zone anticlinale miocène, faillée, un pétrole paraffineux, clair, d'après une analyse de M. H. Fillion, venant sans doute de la mollasse

même. A 10^km de là, les gabbros et serpentines du flanc du Kizil Dagh dégagent des hydrocarbures gazeux; il ne peut être précisé s'ils proviennent de la mollasse miocène, adossée au gabbros et serpentines, ou des formations crétacées sous-jacentes.

II. *La zone désertique orientale*, comprenant la Djezireh (ensemble des territoires situés entre le Tigre et l'Euphrate) et, sur la rive droite de l'Euphrate, le Djebel Bichri. Elle fait partie de la bordure du bassin irakien : ses sédiments sont les mêmes qu'en Irak, mais en général moins puissants.

La série stratigraphique ne se découvre que dans les rides du Djebel Abd el Aziz et du Djebel Sindjar et dans le Djebel Bichri. Dans ce dernier massif se sont manifestées, au Crétacé supérieur et au Tertiaire, de constantes transgressions, entraînant une sédimentation peu puissante et suivies de régressions. Au Djebel Abd el Aziz pointe, au milieu d'une série crétacée et tertiaire semblable, très réduite, le Primaire (Tournaisien, Dévonien ?). La puissance des sédiments s'accroît vers l'Est et le Nord-Est; elle est deux à trois fois plus puissante dans la large échancrure ouverte jusqu'à la base du Sénonien dans le Djebel Sindjar : celui-ci est donc plus proche des zones de subsidence.

Il existe des hydrocarbures, d'une part dans le Djebel Bichri occidental, sous forme de lentilles de grès bitumineux intercalées dans des calcaires crayeux et des grès burdigaliens, d'autre part sur le versant Nord du Djebel Sindjar, près de Jaffaria, où affleurent deux bancs de calcaires poreux éocènes imprégnés de bitume. Ces imprégnations semblent être les restes de gisements plus importants détruits par érosion. L'origine des hydrocarbures semble devoir être cherchée dans les marnes à Globigérines sénoniennes.

Dans cette zone subsistent plusieurs dômes, intacts ou non entamés jusqu'aux niveaux pétrolifères de l'Irak, et il peut y exister des accumulations de pétrole. Le plus vaste est le Karatchok Dagh, situé à l'extrême Nord-Est de la Syrie et qui s'étend sur 30^km; il n'est érodé que jusqu'à la base des Upper Fars. D'autres dômes, peu accusés, complètement couverts par les Lower Fars, enveloppent l'extrémité orientale du Djebel Sindjar; ce sont les dômes de Khatounié, du Djebel Tchembé, du Djebel Djibissa. Également dans le Djebel Bichri oriental paraissent exister quelques dômes complètement enveloppés par les Lower Fars; mais ils sont à peine fermés.

D'une manière générale, les hydrocarbures de la Syrie et du Liban

semblent avoir pour origine les formations sénoniennes, et plus particulièrement la base du Sénonien. Dans la région côtière méditerranéenne se sont formés surtout des asphaltes et des calcaires bitumineux, excepté à Tchenguène où se rencontre le seul suintement actif de pétrole. Dans la région désertique orientale peuvent exister des accumulations de pétrole; elles sont plus probables au Karatchok Dagh et aux alentours du Djebel Sindjar que dans le Djebel Bichri; mais elles accompagneraient des séries moins puissantes que celles des gisements irakiens.

PALÉONTOLOGIE. — *La valeur stratigraphique des Fusulinidés du Permien.* Note de M. **J. Gubler**, présentée par M. Douvillé.

Les calcaires anthracolitiques d'Extrême-Orient ont décelé d'abondantes faunes de Fusulinidés dont la valeur stratigraphique est encore discutée. Nous nous occuperons ici principalement des Fusulinidés du Permien et en particulier des deux problèmes stratigraphiques qu'ils soulèvent : dans quelle mesure ces Fusulinidés peuvent-ils, à eux seuls, caractériser des horizons distincts et quelle est leur répartition dans le Permien.

A trois reprises la faune permienne des Fusulinidés s'est indiscutablement enrichie de formes nouvelles, permettant de distinguer de bas en haut trois horizons : un premier niveau où apparaissent *Neoschwagerina craticulifera*, *Doliolina lepida* et *Verbeekina Verbeeki;* un deuxième niveau avec *Neoschwagerina Douvillei*, *N. Margaritæ*, *N. megasphærica* etc., enfin l'horizon de *N. multiseptata*. Il est possible, dans un Permien bien lité, comme celui récemment découvert en Tunisie, d'observer l'apparition successive des principales espèces de ces trois niveaux. Toutefois, lorsqu'on est en possession d'une seule espèce ou d'une seule association de Fusulinidés, il faut être prudent quant à son attribution à l'un ou l'autre de ces trois niveaux. C'est que d'une part survivent dans les niveaux élevés la plupart des espèces des niveaux inférieurs, d'autre part les associations de ces Foraminifères sont capricieuses, elles ne réunissent pas nécessairement en un seul point toutes les espèces vivant à ce moment. Ainsi j'ai pu observer au Cambodge, en suivant latéralement un même banc appartenant au niveau 3, qu'en un premier point cette couche renfermait toutes les espèces de cet horizon avec l'espèce type : *N. multiseptata*. En un deuxième point cette même couche ne renfermait plus que *N. Douvillei* ou *N. Margaritæ*, espèces qui caractérisent, lorsqu'elles sont

seules, non accompagnées de *N. multiseptata*, le niveau 2. Enfin une seule espèce banale comme *Verbeekina Verbeeki* peut, en un dernier point, former à elle seule le banc entier. Cette variation latérale dans les associations des Fusulines s'observe également dans le sens vertical, dans un ensemble de couches supérieures à la première apparition de *N. multiseptata*. Le jeu capricieux des associations des Fusulinidés, englobant, au sein d'un niveau supérieur, des îlots calcaires qui ne contiennent que les Fusulinidés d'un niveau inférieur, n'est pas un phénomène exceptionnel, mais la règle, partout où ces Foraminifères abondent.

Même en dehors de l'Indochine il convient d'être prudent dans l'attribution de ces associations à des niveaux déterminés, particulièrement, lorsque l'on a affaire à des calcaires anthracolitiques non lités, formant des massifs karstiques tel que celui du Bac Son au Tonkin. C'est précisément dans ce massif que M. J. Fromaget, dans une étude stratigraphique récente, a choisi les types de 4 des horizons de son échelle stratigraphique du Permien. Il s'est appuyé sur les déterminations de M[lle] Colani faites sur des calcaires à Fusulines recueillis par M. Patte. Tout en conservant, en général, comme je l'ai indiqué plus haut, 3 des 4 horizons créés par M. Fromaget, je ne peux, pour le massif du Bac Son, retenir avec certitude que deux niveaux seulement. En effet, là comme ailleurs en Indochine, voire même au Yunnan, nous constatons que *N. craticulifera* reste cantonné dans un niveau inférieur et ne s'associe jamais aux autres Néoschwagerines des deux niveaux supérieurs ou des horizons 10 à 12 de M. Fromaget. Par contre, les associations qui caractérisent les horizons 10 et 11 sont susceptibles de n'être que des variations locales de la faune du niveau 12. C'est à une conclusion analogue que s'est également arrêtée M[lle] Colani qui ne possédait pas à ce moment les arguments que nous a fournis l'étude des calcaires du Cambodge. En Chine, d'après les travaux de Huang, cette distinction de deux horizons n'est plus même possible du fait de la survivance de *N. craticulifera* jusque dans le niveau à *N. multiseptata*.

Examinons quelle est la répartition dans le Permien des 3 horizons à Fusulinidés que l'on peut distinguer dans le cas le plus favorable. Que le Permien débute avec l'apparition des genres cryptogènes *Doliolina*, *Verbeekina* et *Neoschwagerina* ou qu'on y adjoigne, comme le veut Lee, les couches à *Schwagerina princeps*, il est hors de doute que notre horizon 1 à *N. craticulifera* appartient à l'Artinskien. Certains auteurs ont admis que *Sumatrina Annæ* et *N. multiseptata* caractérisent le sommet du Permien.

Or, nous connaissons en Tunisie et en Chine au-dessus des dépôts qui renferment ces Fusulinidés de l'horizon 3 toute une série de couches fossilifères appartenant encore au Permien. De plus, le genre *Sumatrina* débute déjà dans l'Artinskien de Sosio. Il résulte de cette double considération que les formes les plus évoluées qui caractérisent les niveaux 2 et 3 ont apparu au Permien moyen au plus tard et ont dû disparaître avant la fin des temps permiens.

BOTANIQUE. — *L'acide cyanhydrique chez les Graminées :* Melica *et* Gynerium. Note de M. **Paul Guérin**, présentée par M. L. Mangin.

P. Fitschy (1) a constaté, en 1906, chez les *Melica* et le *Gynerium argenteum* Nees, la présence d'acide cyanhydrique. D'après l'auteur, le *Melica altissima* L., cueilli à la fin du mois de juin, les *M. nutans* L., *M. uniflora* Retz. et *M. ciliata* L., récoltés à la fin de juillet, fourniraient respectivement, par kilogramme de plante fraîche, $0^g,154$, $0^g,182$, $0^g,070$, $0^g,101$ de ce principe. Le *Gynerium argenteum* Nees, roseau des Pampas, en donnerait $0^g,23$ à la fin du mois de juin.

Tout en confirmant, chez les Graminées en question, l'existence d'acide cyanhydrique, nos observations apportent quelques données nouvelles relatives à la répartition et à la teneur variable de cet acide dans les divers organes de ces plantes.

De nos trois espèces de *Melica* de la région parisienne, le *M. ciliata* L. se montre le plus riche en principe cyanhydrique avec $0^g,151$ à $0^g,306$ par kilogramme de feuilles. Le *M. nutans* L. et le *M. uniflora* Retz. offrent une proportion variant entre $0^g,10$ et $0^g,15$.

Ces chiffres s'éloignent assez sensiblement de ceux trouvés par Fitschy, surtout en ce qui concerne le *M. ciliata* L., et trouvent peut-être leur explication dans le fait que nos échantillons ont été réeoltés en mai et dès le début de juin, tandis que ceux de Belgique ont été cueillis deux mois plus tard.

L'acide cyanhydrique existe également dans les épillets, en proportion plus élevée aussi chez le *M. ciliata* L. que dans les autres espèces, et qui se rapproche, chez les trois, de celle fournie par les feuilles.

Le fruit des *Melica* est totalement dépourvu de glucoside cyanogénétique,

(1) *Bull. Acad. roy. de Belgique*, 8, 1906, p. 613-617.

mais, dès les premiers stades de la germination, les jeunes plantules n'ayant encore atteint que 1 à $2^{mm}$ provoquent déjà un rougissement bien marqué du papier picro-sodé.

L'acide cyanhydrique peut aussi être mis en évidence dans la portion rhizomateuse et les très fines racines des *Melica*.

Cueillies à la fin de juin, les feuilles du *Gynerium argenteum* Nees ont fourni à Fitschy, par kilogramme, $0^g,23$ d'acide cyanhydrique. Nous n'avons observé, à la même époque, qu'une teneur de $0^g,135$, voisine de celle de $0^g,151$ constatée dans le courant de janvier. Cette proportion diminue notablement dans la suite et lorsque la plante fleurit, au début de septembre, les feuilles n'accusent plus que $0^g,054$ à $0^g,068$ d'acide cyanhydrique par kilogramme. En revanche, le taux est beaucoup plus élevé dans les inflorescences épanouies où il peut atteindre $0^g,140$ à $0^g,172$, et jusqu'à $0^g,28$ chez les plus jeunes encore enveloppées dans leur gaine.

De nos observations poursuivies durant ces trois dernières années, il ressort donc que l'acide cyanhydrique se rencontre chez les *Melica*, non seulement dans les feuilles, où sa teneur est très variable, mais aussi dans les épillets. Les parties souterraines de ces plantes s'en trouvent elles-mêmes pourvues et si, chez ces Graminées, le fruit ne renferme pas de principe cyanhydrique, ce dernier apparaît dès les premiers stades de la germination.

Chez le *Gynerium argenteum* Nees, l'acide cyanhydrique disparaît en grande partie des feuilles, à l'arrivée de l'automne, pour atteindre un taux beaucoup plus élevé dans les magnifiques panicules, longues et plumeuses, qui, à cette époque de l'année, font l'ornementation de nos pelouses.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le sucre de* Rivularia bullata.

Note de M. **H. Colin** et M$^{lle}$ **J. Payen**, présentée par M. L. Mangin.

On sait peu de chose de la composition glucidique des Algues bleues. On n'en a retiré jusqu'alors ni alcool polyatomique, ni sucre d'aucune sorte. Elles n'ont pas d'amidon, mais les contenus cellulaires de certaines espèces présentent, sous l'action de l'iode, des colorations brunes qui pourraient faire penser au glycogène, ainsi que l'ont signalé de longue date Nägeli et Errera [1].

---

(1) *Le glycogène des végétaux*, Thèse, Bruxelles, 1882 (voir *Recueil de l'Institut Botanique*, 1, 1906, p. 347).

Par voie chimique, le problème est difficilement abordable, en raison de la petite taille des Cyanophycées. Nous nous sommes appliqués, néanmoins, plusieurs années de suite, à réunir en quantité suffisante pour les analyses, *Rivularia bullata*, que nous trouvions à proximité du laboratoire maritime de Saint-Servan, au Fort National, aux rochers du Homet, à l'île de Cézembre. L'algue fraîche, ressuyée et triée, renferme à peine 5 à 6 pour 100 de matière sèche dont la moitié environ de cendres, riches en magnésium. Aussi vite que possible après la récolte, nous l'avons épuisée par l'alcool bouillant; l'alcool éliminé, il reste une boue verdâtre, neutre, qui se laisse assez facilement déféquer par l'acide phosphotungstique. La liqueur limpide, débarrassée par la baryte de l'excès de réactif, est nettement *dextrogyre*. Elle ne contient ni saccharose, ni sucre réducteur; à cet égard, les Cyanophycées, les Rivulaires du moins, sont à rapprocher des Floridées et des Phéophycées. L'essai à l'acide arsénieux, en vue de la recherche de la mannite, est négatif. Sous l'action des acides étendus ou de la glucosidase $\alpha$, à l'exclusion de la galactosidase $\alpha$, la rotation, tout en restant positive, diminue de plus des deux tiers; le milieu devient réducteur et donne les réactions du glucose.

L'ensemble de ces données laissait soupçonner la présence du tréhalose, mais l'obtenir à l'état cristallisé paraissait impossible; il n'y en a guère que 1 pour 100 dans l'algue sèche en regard de 50 parties de cendres. Nous y avons réussi, néanmoins, au prix de lourdes pertes de sucre; le magnésium a été précipité à l'état de phosphate trimagnésien et le chlorure de sodium éliminé, en partie, par cristallisation; la zéolithe plombique a achevé la déminéralisation du milieu qui n'a pas tardé à cristalliser. Les cristaux obtenus, dont quelques-uns assez beaux pour que M. Gaudefroy en ait pu mesurer les angles, ont tous les caractères de ceux du tréhalose : prismes orthorhombiques, à biréfringence faible et positive, saveur sucrée, ramollissement vers 100°, $[\alpha_D] = +177°$ en solution aqueuse. Le sucre des Rivulaires est donc bien le tréhalose, si fréquent chez les champignons, comme l'insinue son ancien nom de mycose, identifié déjà chez quelques Floridées, *Lemanea nodosa* et *Sacheria fucina* [1]. Cette convergence est à noter entre deux groupes d'algues qui ont en commun, à doses variables, deux pigments, la phycocyanine et la phycoérythrine.

Le thalle des Rivulaires, préalablement épuisé par l'alcool, abandonne à l'eau bouillante une matière mucilagineuse qui provient principalement de la désagrégation de la gaine et paraît tenir des pectines plus que de la

(1) H. Colin et J. Augier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 423.

gélose ou de l'algine. Elle se colore à peine par l'iode, alors que le trichome, les hétérocystes surtout, prennent une teinte brune, plus ou moins foncée suivant la concentration de l'iode dans le réactif, et cela, même après plusieurs épuisements successifs à l'eau chaude.

La solution de gomme est franchement *dextrogyre* et se convertit, par hydrolyse ($SO^4H^2$ 2 pour 100, 120°, 1h), en produits réducteurs qui, même à froid, colorent en rouge vineux l'orcine chlorhydrique et dont le pouvoir rotatoire global, *p* étant évalué en glucose, par réduction, est voisin de 60°. L'hydrolysat donne très nettement l'osazone de l'arabinose et celle du glucose. Il renferme, de plus, des composés uroniques qui, à l'état de sels barytiques, se laissent précipiter par l'alcool fort et réduisent assez rapidement à froid, la liqueur de Fehling. Traitée à chaud par l'acide clorhydrique à 16 pour 100, la matière gommeuse des Rivulaires livre de l'acide carbonique à raison de 5 pour 100 de son poids, le quart environ de ce qu'en dégage, dans les mêmes conditions, un acide uronique pur.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Influence inhibitrice du radium sur la croissance des radicelles de* Lens esculenta *Moench : modifications de la dose empêchante minima sous l'influence d'ions favorisants.* Note [1] de MM. **A.** et **R. Sartory, J. Meyer** et **Ernst.**

Ayant constaté que le sodium ne modifie que très peu l'effet nocif du radium sur la cellule végétale, nous avons continué nos recherches avec d'autres sels. Nous donnons ci-dessous les résultats obtenus au moyen de l'ion *Strontium* et des autres ions en suivant l'ordre des effets croissants de radiosensibilisation pour ces différents ions. La concentration optima permettant la croissance normale des radicelles a été fixée pour cet ion employé sous forme de nitrate de strontium à 0,217 pour 100 (solution isotonique au 1/10$^e$).

Les valeurs mitotiques obtenues en appliquant notre D. E. M. sont exprimées dans le tableau suivant en même temps que les valeurs mitotiques témoins résultant de radicelles germées dans l'eau distillée et irradiées avec la D. E. M.

---

(1) Séance du 15 janvier 1934.

| Heures. | Valeur témoin non irradié. | Valeur témoin D. E. M. | | | | | Valeur mitotique Strontium. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1er j. | 2e j. | 3e j. | 4e j. | 5e j. | 1er j. | 2e j. | 3e j. | 4e j. | 5e j. |
| 8... | 5,8 | – | 6,2 | 4 | 3,2 | 1,8 | – | 4 | 4,8 | 3 | 2 |
| 10... | 10 | – | 6 | 6 | 3,5 | 1,5 | – | 6 | 5,4 | 3,5 | 2 |
| 12... | 18 | 7,2 | 6,5 | 4,8 | 4,8 | 0 | 11,8 | 6,8 | 6 | 2,5 | 2 |
| 14... | 12,5 | 10,8 | 7,3 | 6,5 | 3,2 | 0 | 6,5 | 6,2 | 6,5 | 4 | 1 |
| 16... | 9,5 | 6 | 6,5 | 3,2 | 0 | 0 | 4,5 | 5,5 | 5,2 | 3,4 | 1,2 |
| 18... | 8,6 | 4,3 | 4,4 | 3 | 1 | 0 | 4,2 | 4 | 4,8 | 3 | 0 |
| 20... | 7,2 | 2,8 | 3,2 | 2,8 | 0,5 | 0 | 3,6 | 3,5 | 2,5 | 1,5 | 0 |

La courbe exprimant ces résultats microscopiques suit le même tracé que la courbe témoin. Les contrôles macroscopiques effectués par culture des radicelles irradiées dans des tubes de *Borrel* confirment ces résultats et prouvent que la croissance des radicelles primaires cesse à partir du cinquième jour sans production de radicelles secondaires au bout de 15 jours. Le strontium n'exerce donc pas vis-à-vis de l'effet toxique des rayons du radium sur la cellule végétale une action inhibitrice ou sensibilisatrice et nous le considérons comme ion neutre par rapport à l'effet du radium sur la cellule végétale.

Poursuivant ces recherches, nous avons employé deux sels dont l'action s'est montrée nettement sensibilisante : les expériences ont été faites dans les mêmes conditions en employant l'ion *Zinc* sous forme de sulfate de zinc à la concentration d'une solution isotonique (2,34) au 1/5e et l'ion *Cuivre* sous forme de sulfate de cuivre à la concentration d'une solution isotonique (4,197) au 1/75e. Nous exprimons dans le tableau suivant les valeurs mitotiques obtenues en appliquant notre D. E. M. Les valeurs témoins pour les radicelles non irradiées et irradiées (eau distillée) se trouvent dans le tableau précédent.

| Heures. | Valeur mitotique Zinc. | | | | | Valeur mitotique Cuivre. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1er j. | 2e j. | 3e j. | 4e j. | 5e j. | 1er j. | 2e j. | 3e j. | 4e j. | 5e j. |
| 8......... | – | 1,2 | 1 | 0,8 | 0 | – | 3,5 | 2,5 | 2 | 1 |
| 10......... | – | 4 | 3,3 | 2 | 0,5 | – | 6 | 3 | 3 | 2 |
| 12......... | 6,5 | 4,2 | 3,8 | 2,5 | 0 | 8 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 2,5 |
| 14......... | 6 | 3,3 | 3,4 | 2 | 0 | 10,5 | 6 | 3,5 | 3,5 | 1 |
| 16......... | 1,8 | 2,5 | 3 | 1 | 0 | 6,3 | 5 | 4 | 2,2 | 0,5 |
| 18......... | 2 | 2 | 1,4 | 0 | 0 | 6 | 4,2 | 3,8 | 2 | 0 |
| 20......... | 1 | 1 | 0,4 | 0 | 0 | 4,8 | 3 | 2 | 1,5 | 0 |

Les courbes qui résultent de l'examen microscopique des coupes histologiques montrent donc des maxima très bas : 6,5 pour le zinc, 10,5 pour

le cuivre au premier jour; 4,2 et 6,5 pour le deuxième; 3,8 et 4,5 pour le troisième; 2,5 et 3,5 pour le quatrième. Après avoir longé l'abscisse, elles finissent pratiquement le soir du quatrième jour et restent constamment au-dessous de la courbe témoin irradié. Les examens de contrôle effectués dans les tubes de *Borrel* d'une part, l'étude histologique avec colorations spéciales d'autre part, nous ont confirmé ces résultats.

Le zinc et le cuivre renforcent donc l'action destructive du radium sur la cellule végétale et l'effet combiné des deux facteurs occasionne des modifications autant protoplasmiques que nucléaires.

Nous avons ensuite jugé utile d'examiner l'effet produit par le mélange d'un ion favorable et d'un ion antagoniste, tels que cuivre et magnésium.

Des expériences préliminaires ont prouvé qu'il fallait employer pour une poussée normale des radicelles un mélange de 100$^{cm^3}$ d'une solution isotonique diluée au 1/5$^e$ de sulfate de magnésie et de 4 gouttes d'une solution isotonique de sulfate de cuivre diluée au 1/75$^e$.

Les conditions expérimentales restaient les mêmes. Le tableau qui suit exprime les résultats obtenus pour les courbes du magnésium, du cuivre employés séparément et la courbe de valeur mitotique résultant de l'irradiation de radicelles germées dans le mélange magnésium + cuivre :

| | Valeur mitotique Mg. | | | | Valeur mitotique Cu. | | | | Valeur mitotique Mg + Cu. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hres. | 1er j. | 2e j. | 3e j. | 4e j. | 1er j. | 2e j. | 3e j. | 4e j. | 1er j. | 2e j. | 3e j. | 4e j. | 5e j. |
| 8... | – | 9,5 | 9 | 9 | – | 3,5 | 2,5 | 2 | – | 3,8 | 3,5 | 3,5 | 2,5 |
| 10... | – | 12,5 | 10 | 10 | – | 6 | 3 | 3 | – | 5 | 4,2 | 4 | 4 |
| 12... | 13,5 | 14 | 13,5 | 13,5 | 8 | 6,5 | 4,5 | 3,5 | 7,6 | 6,2 | 6 | 5,2 | 4,2 |
| 14... | 17 | 12 | 13,5 | 12 | 10,5 | 6 | 3,5 | 3,5 | 7,2 | 4,4 | 5,5 | 4 | 3 |
| 16... | 11,5 | 11 | 12 | 10,5 | 6,3 | 5,0 | 4 | 2,2 | 5,8 | 4,2 | 4,5 | 3,5 | 1 |
| 18... | 10 | 9 | 10,5 | 9,5 | 6 | 4,2 | 3,8 | 2 | 4,5 | 3 | 4,8 | 2,5 | 0 |
| 20... | 9 | 8,5 | 9,0 | 8 | 4,8 | 3 | 2 | 1,5 | 2,2 | 2 | 4 | 2 | 0 |

Quant à cette nouvelle courbe elle penche nettement du côté de la courbe du cuivre employé seul; elle débute même les deux premiers jours avec des valeurs inférieures. Les valeurs du 4$^e$ jour permettent facilement de juger : alors que le maximum à 12$^h$ pour le magnésium est de 13,5, pour le cuivre de 3,5, celui du mélange magnésium + cuivre n'est plus que de 5,2.

Le résultat microscopique et les expériences de contrôle en tubes de *Borrel* prouvent que l'effet d'un ion radiosensibilisant dans des proportions moléculaires déterminées pour chaque expérience est beaucoup plus accusé que celui de l'ion antagoniste.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Le rôle joué par la matière grasse contenue dans les farines.* Note de MM. **André Kling**, **J. Froidevaux** et **Félix Dubois**, présentée par M. L. Blaringhem.

Une étude que nous poursuivons, depuis plusieurs années, en vue d'élucider le mécanisme suivant lequel certains produits, dits améliorants, agissent sur les farines pour en modifier les propriétés boulangères, nous a logiquement conduits à rechercher quels sont les facteurs dont dépendent les valeurs des caractéristiques P, G, W, obtenues au moyen de l'extensimètre de M. Chopin. Les matériaux et l'appareil nous ont été gracieusement fournis par les Grands Moulins de Paris.

La proportion de gluten, sa qualité, ainsi que l'état particulier sous lequel il se présente, au point de vue colloïdal, constituent autant de facteurs qui influent sur la valeur de la pression caractéristique d'une farine. A côté de ces facteurs il en est un qui, dans une très large mesure, conditionne la valeur de cette pression, c'est la matière grasse, élément constitutif des farines auquel, jusqu'ici, on n'avait attaché aucune importance parce qu'il ne figurait, dans leur composition, qu'à des taux très faibles (de l'ordre de grandeur du 1/100^e^). En effet, si l'on soumet une farine quelconque à des dégraissages répétés, on constate que la pression extensimétrique des produits de ces dégraissages successifs s'élève progressivement.

Ces dégraissages ne peuvent être effectués avec des solvants quelconques, l'alcool dissout mal les graisses et, par contre, enlève aux farines des principes azotés solubles, il ne convient donc pas pour les effectuer, pas plus que l'éther, surtout s'il renferme du peroxyde d'éthyle provenant de son oxydation. Par contre, l'éther de pétrole (bouillant sans laisser trace de résidus au-dessous de 70°), utilisé à froid, représente le solvant de choix, car il ne dissout que les matières grasses et n'altère en quoi que ce soit les propriétés des autres éléments constitutifs des farines. Pour vérifier ce fait, nous avons épuisé totalement plusieurs farines, par lavages réitérés avec cet éther de pétrole puis, ayant ainsi séparé les matières grasses, nous les avons réincorporées, au moyen d'éther de pétrole, dans les farines dégraissées qui, après évaporation du solvant, nous ont donné les mêmes résultats extensimétriques et analytiques que les farines initiales. C'est donc bien uniquement à la diminution du taux de matière grasse qui en imprègne les éléments que les farines traitées par nous ont vu s'accroître les valeurs de leurs pressions.

En outre, ayant établi une statistique, qui a porté sur un grand nombre d'échantillons de farines, au même degré d'extraction, nous avons constaté, qu'en général, les pressions extensimétriques des farines sont d'autant plus élevées que le rapport (gluten/matières grasses) est lui-même plus grand. Enfin, en comparant les farines exotiques et les farines pays, on constate que les premières, qui ont les pressions les plus fortes, ont un rapport (gluten/matières grasses) plus élevé que les secondes.

Nous avons pensé que l'influence déprimante, exercée par la matière grasse des farines sur la valeur de la pression, pouvait être attribuable au fait que cette matière, étant étalée sous forme de film mince, à la surface des éléments cellulaires des farines, s'opposait plus ou moins efficacement, au moment du pétrissage, au mouillage de ces derniers et à leur imbibition.

Afin de vérifier la validité de cette hypothèse, nous avons agi successivement sur le liquide de pétrissage et sur la matière grasse de la farine, en vue de provoquer une chute de la tension interfaciale prenant naissance au contact de la matière grasse et de l'eau; puis nous avons recherché l'influence que pouvait avoir cette chute sur la valeur de la pression.

Au liquide de pétrissage (eau salée 2,5 pour 100), nous avons donc ajouté des produits dits mouillants (savon, sulfonate L, etc.). Nous avons constaté que ces additions déterminaient un accroissement notable de pression subi par les pâtes. D'autre part, sur des farines étalées en couche mince, nous avons pulvérisé des solutions obtenues en dissolvant, dans l'éther de pétrole, des acides gras divers (en particulier ceux extraits de l'huile de farine), ou encore des stérols. Nous avons, par ce moyen, provoqué une augmentation de valeur de la pression; de médiocre importance lorsque le liquide de pétrissage était constitué par de l'eau distillée, cette augmentation s'accentuait lorsqu'à cette dernière on substituait de l'eau de fontaine (degré hydrotimétrique 20) d'un pH un peu supérieur à 7, et encore bien davantage lorsque le pétrissage était pratiqué à l'aide de solutions étendues de bicarbonates, ou de carbonates, alcalins et surtout d'alcalis caustiques.

Ces résultats prouvent nettement que, dans les essais relatés ci-dessus, c'est bien à la faveur d'une réduction de tension interfaciale, entre la matière grasse imprégnant les éléments cellulaires des farines et le liquide utilisé pour le pétrissage, que ce liquide devient plus apte à mouiller les éléments solides de la farine, aptitude qui se traduit par un accroissement de pression de la pâte.

De nos observations, il résulte enfin que, dans les farines fraîchement moulues, la matière grasse se montre relativement inerte vis-à-vis de l'eau,

mais qu'à mesure que se produit la maturation, puis le vieillissement des farines, des acides gras y prenant naissance y constituent des centres actifs vis-à-vis de l'eau, surtout de l'eau de pH supérieur à 7; aussi la tension interfaciale matière grasse/eau s'abaisse-t-elle en même temps que la pression des farines s'accroît progressivement. Nous avons reconnu qu'entre deux farines identiques, dont l'une a été conservée à l'air et l'autre a été désaérée par le vide, puis conservée en présence d'une atmosphère d'azote, il se manifeste une différence très nette, au profit de la farine maintenue en milieu oxydant car, pour cette dernière, la pression de la pâte obtenue par son pétrissage croît plus rapidement que la pression de la pâte fournie par la farine conservée dans l'azote.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *La phthiriose du caféier.* Note de MM. **A. Maublanc** et **Roger**, présentée par M. P. Viala.

Le laboratoire de pathologie végétale de l'Institut national d'Agronomie coloniale a reçu à plusieurs reprises de M. Pascalet et de M. Aubert des échantillons de caféier attaqués par une maladie des racines qui a causé des dégâts assez importants au Cameroun, notamment dans la région de Dschang.

Cette maladie, dont les symptômes ne diffèrent pas de ceux des affections généralisées de l'appareil radiculaire, telles que les pourridiés, est en tout point identique à celle qui, observée dans les colonies anglaises de l'Ouganda et du Kenyia, est attribuée à *Polyporus Coffeæ* Wak. Sa caractéristique essentielle réside dans la présence autour des racines de manchons mycéliens brun foncé, souples, plus ou moins mamelonnés à la surface, non adhérents aux tissus radiculaires qu'ils ne pénètrent pas; sous ces manchons vivent des cochenilles du genre *Pseudococcus*, comme l'ont reconnu les pathologistes des colonies anglaises et comme nous pouvons le confirmer.

Miss Wakefield, étudiant les premiers échantillons recueillis par Small dans l'Ouganda, a décrit le Champignon sous le nom de *Polyporus Coffeæ* et lui a attribué d'une part des conidies nées sur le mycélium des manchons, d'autre part des carpophores développés à la base des troncs. Nous avons facilement retrouvé les conidies très caractéristiques de ce champignon : arrondies, brunes, verruqueuses et munies d'un prolongement basilaire en forme de manche court et hyalin, et nous avons été frappés de la ressemblance de ces organes avec les fructifications du *Bornetina Corium* Mang.

et Viala, agent de la phthiriose de la Vigne en Palestine. L'analogie est complète, aussi bien dans le mode de vie que dans la structure anatomique, fait que Reichert a déjà signalé dans une étude sur les maladies des racines de Vigne en Palestine et que nous pouvons confirmer grâce à l'examen d'échantillons de *Bornetina* dus à l'obligeance de M. Viala. Il est même possible que, dans les deux cas, il s'agisse d'une même espèce de Champignon; les différences entre la forme de Caféier et celle de la Vigne sont en effet très faibles et peuvent peut-être s'expliquer par des conditions d'évolution : ainsi sur Caféier les manchons mycéliens sont plus souples et n'englobent pas de particules sableuses comme dans la Vigne ; les conidies sont un peu plus petites dans le premier cas que dans le second. La comparaison de cultures des deux Champignons et des essais de contamination pourraient seuls démontrer ou infirmer leur identité, expériences qu'il ne nous a pas été possible d'effectuer jusqu'ici.

Dans les deux cas l'affection première est due aux cochenilles; le Champignon, entièrement superficiel, n'est nullement parasite de la plante et, comme l'ont montré MM. Mangin et Viala, vit en saprophyte aux dépens des liquides sucrés sécrétés par la cochenille ou exsudant des racines attaquées.

Quant aux carpophores décrits par Miss Wakefield, ils ne paraissent pas avoir été retrouvés et leur relation avec le *Bornetina* nous semble peu probable : si en effet le *Bornetina* est certainement la forme conidienne d'un Basidiomycète, peut-être voisin des *Septobasidinm* comme l'a suggéré Patouillard, il est bien peu vraisemblable qu'il se rattache à un Polypore lignicole, dont le mode de vie ne rappelle en rien celui d'une espèce commensale de cochenilles. Il est plus rationnel d'admettre que les carpophores du *Polyporus Coffeæ* se sont développés sur le tronc de Caféiers morts sous l'action combiné des piqûres des cochenilles et de l'asphyxie causée par le manchon mycélien.

Dans le cas de la Vigne, MM. Mangin et Viala admettent que la phthiriose est en relation avec la nature sablonneuse du sol et la sécheresse du climat de Palestine, conditions qui déterminent l'exode sur les racines de cochenilles (*Dactylopius vitis*) normalement aériennes. La découverte d'une phthiriose du Caféier sous un climat tropical, chaud et humide, ne permet pas de généraliser ces conclusions; il faut admettre que les affections de ce type, peut-être plus répandues qu'on ne le croit, peuvent se développer dans des conditions variées de sol et de climat, sans doute dans tous les cas où des cochenilles vivent sur les racines des plantes ligneuses. De nouvelles observatious sont indispensables pour déterminer la biologie de ces insectes et définir les conditions écologiques qui en déterminent l'exode sur les racines.

ZOOLOGIE. — *L'âge où les oiseaux peuvent émigrer*. Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons eu l'occasion, pendant les grands froids de l'hiver dernier, d'observer quatre oiseaux, deux grands, un petit et un quatrième de grandeur moyenne, qui nous ont fourni par leur âge des données *précises* sur l'époque de leur naissance, car ils avaient été bagués dans diverses stations ornithologiques de l'étranger et tués en Vendée pendant le mois de décembre 1933.

Ces repères de baguages et de prises vont nous permettre d'établir l'âge où les oiseaux de différentes tailles peuvent effectuer leur première migration, phénomène mystérieux, important à bien déterminer.

Les deux premiers sont des Cormorans (*Phalacrocorax Carbo* subcormoranus), dits Grands Cormorans.

1° L'un deux, capturé en *duvet*, le 21 juillet 1932, à Lekkerkek, province du sud de la Hollande, par le Muséum d'Histoire naturelle de Leyde, très jeune, fut bagué le même jour sous le n° 118242. Cet oiseau a été pris au début de février 1933, comme je l'ai signalé à la station de baguage. Préparé au formol d'abord, pendant un mois, à Croix-de-Vie (Vendée), où il m'avait été apporté, tué par le mazout qui couvre l'Océan sur nos côtes, il fut enfoui au pied d'un arbre, pour des expériences spéciales, le 26 mars 1933. Déterré le 22 août 1933, après un séjour en terre de cinq mois seulement, il fournit un squelette complet admirablement préparé par l'action des radicelles émanées du vieux fusain (*Evonymus europæus* L.).

Ce squelette a permis d'étudier les os et de constater qu'ils étaient bien *adultes*. Toutes les épiphyses étaient soudées intimement aux diaphyses sans exception; le tissu osseux est d'ailleurs très dense, malgré la mort à l'âge de 10 mois seulement (humérus pesant $9^{g}$). Il en résulte que, quand arriva la première saison d'automne, après celle de printemps où l'oiseau était né, le volatile était déjà, à l'âge de 6 mois, en état — au point de vue des os — d'entreprendre une migration qui le porta de janvier à février 1933 à plus de $700^{km}$ de son point de départ. Il n'avait alors que 8 mois.

2° Le 6 décembre 1933 un chasseur tua dans les marais salants de Croix-de-Vie un autre grand cormoran, bagué. Cette bague portait le n° 118.345, et indication du même Institut de baguage. Prévenu, celui-ci

nous avisa qu'il s'agissait d'un cormoran, bagué à Lekkerkek également, mais le 25 mai 1933, c'est-à-dire un an plus tard, et en duvet également.

Cette seconde observation, au point de vue des dates (l'oiseau conservé au formol n'a pas encore été disséqué), est encore plus nette que la précédente et démontre, de façon péremptoire, que le cormoran *émigre* à l'âge de moins de 10 mois, puisque, à supposer que cet oiseau ne soit né qu'en avril 1933, cela ne lui donnerait que 8 mois à sa prise, fin novembre 1934.

3° Un étourneau (*Sturnus vulgaris*, Star), bagué jeune, le 16 mai 1933, au nid, à Liéberwolk, a été pris commune de la Boissière-des-Landes (Vendée), le 15 décembre 1933, c'est-à-dire environ à 7 mois après sa naissance.

Il a donc pu émigrer de très bonne heure, quoique d'assez petite taille, tout comme les Cormorans, au premier équinoxe d'automne ayant suivi sa naissance. L'Étourneau est donc adulte également à 6 mois.

4° Un oiseau de taille moyenne, un Goéland cendré (*Larus canus*), a été aussi bagué jeune, au nid, sur l'île de Malon, dans le Fjord de Kungsbaeka, à $40^{km}$ au sud de Göteborg, le 2 juillet 1933. Or il a été repris à Saint-Gilles-sur-Vie (Vendée), au milieu de décembre 1933 ! Ce Goéland, né très tard, a donc pu traverser une partie de l'Europe, à peine âgé de 6 mois.

Le résultat est ici encore plus net que dans les trois faits qui précèdent.

Et il résulte de ces observations que les oiseaux peuvent émigrer dès 6 mois après leur naissance et qu'à cet âge-là ils sont déjà adultes.

De plus, ces faits prouvent que, comme pour le *Vanellus Vanellus* (*ex cristatus*), ils se dirigent toujours vers l'Ouest ou le Sud-Ouest, poussés par les grands vents d'Est et de Nord-Est, qui règnent en décembre sur l'Europe centrale.

Ils atteignent tous les côtes de l'Océan pour se diriger ensuite, par le littoral du Portugal et le détroit de Gibraltar, vers le Maroc, quand ils ne s'arrêtent pas en route.

Et jamais l'oiseau, malgré les vents d'Est, ne se lance sur l'Ouest ! Il incline toujours au Sud-Est (surtout le Vanneau), qu'on retrouve, bagué, au Maroc, à 8 mois d'âge seulement (un cas).

PHYSIOLOGIE. — *Avitaminose A et utilisation des lipides*. Note de Mme **Lucie Randoin** et M. **Roger Netter**, présentée par M. A. Desgrez.

Existe-t-il une relation entre l'évolution de l'avitaminose A et la nature ou les proportions des lipides du régime alimentaire?

On sait que la découverte du facteur liposoluble A est née de cette constatation que les diverses graisses naturelles ont une valeur biologique nettement différente : dans la partie insaponifiable existe ou n'existe pas un principe nécessaire à la vie (vitamine A) agisssant à des doses minimes. Ce principe jouerait-il un rôle dans l'utilisation des substances lipidiques, auxquelles, dans la nature, il est constamment associé?

D'après Drummond (¹), les symptômes de l'avitaminose A n'ont pas de rapport avec la teneur en lipides du régime, et le facteur A n'agit pas sur l'absorption des graisses. Simonnet (²) prouva que l'avitaminose A se produit, chez le Rat, même si le régime de base est totalement dépourvu de graisses. Et Mlle Émerique (³) confirma que l'utilisation du facteur A ne paraît pas influencée par la teneur en lipides de la ration. Mais l'huile de coton *hydrogénée* utilisée par Drummond, l'huile d'arachide *chauffée dans un courant d'air* employée par Javillier et Mlle Emerique, sont-elles biologiquement équivalentes à une *graisse animale naturelle* dépourvue de vitamine A, telle que le saindoux? — Nous avons voulu savoir : 1° si le saindoux était vraiment dépourvu de vitamine A (l'accord n'étant pas absolu sur ce point); 2° si le saindoux, administré à doses variables, pouvait modifier l'évolution de l'avitaminose A. Nous avons constaté d'abord que, ni le saindoux, ni son insaponifiable, ne donnent, avec le chlorure d'antimoine en solution chloroformique, la coloration bleue caractéristique du facteur A (réaction de Carr et Price).

Les essais biologiques ont été effectués avec *huit lots de jeunes Rats de* 30g soumis aux quatre régimes suivants, complétés ou non par 4 U. I. de vitamine D par animal et par jour (0mg,0004 d'ergostérol-irradié-étalon).

*Résultats et conclusions*. — Le graphique ci-après montre nettement que la croissance de tous les animaux a cessé du 50e au 70e jour d'expérience. Dans tous les lots, les Rats ont présenté de graves lésions de xérophtalmie et la mort s'est produite vers la fin du troisième mois :

---

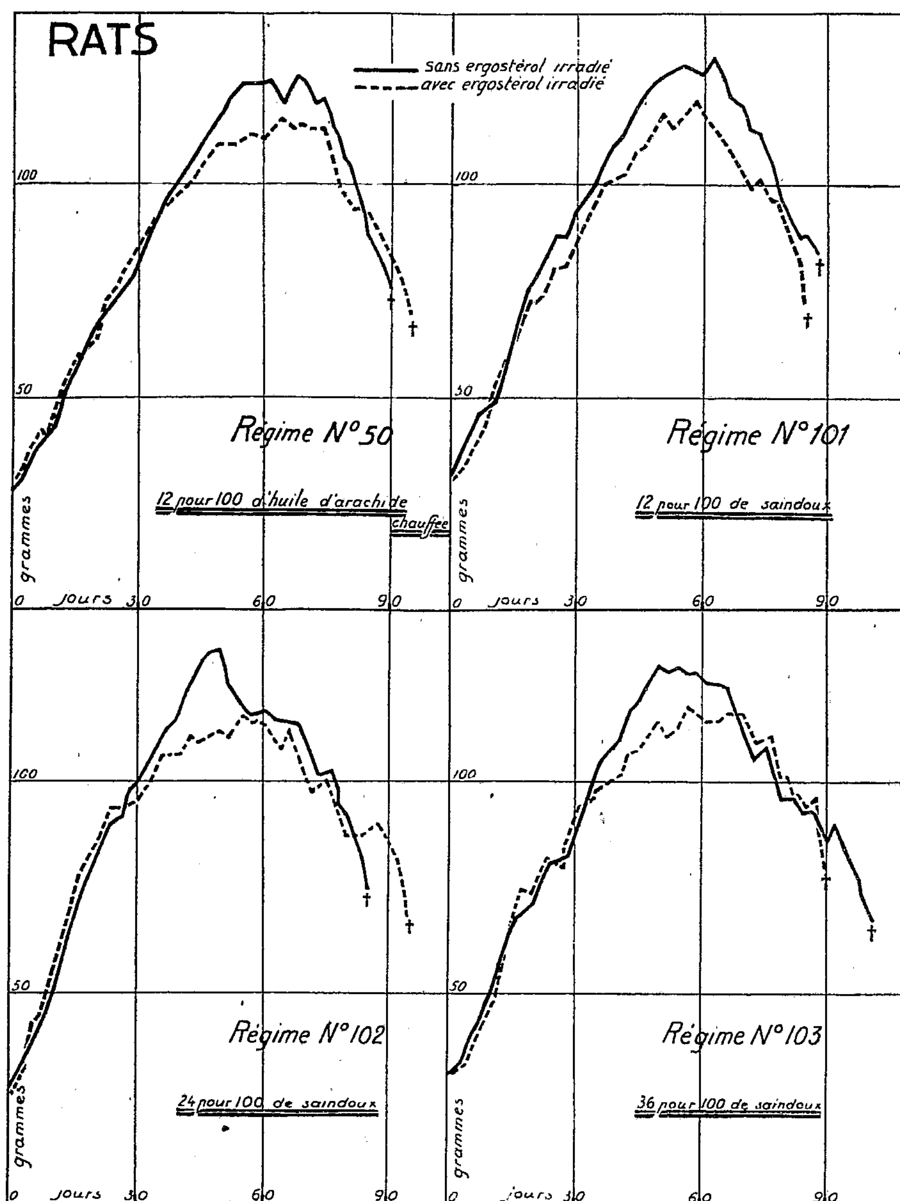
(¹) J. C. Drummond, *Biochem. Journ.*, 13, 1919, p. 95.

(²) H. Simonnet, *Thèse de Doctorat ès Sciences*, 1925, Paris.

(³) Mlle L. Emerique, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 14, 1932, p. 305-312.

1° le saindoux usuel ne renferme donc pas de vitamine A;

2° l'addition supplémentaire d'une faible dose de vitamine D ne produit aucun effet améliorant sur les symptômes de l'avitaminose A;




3° en l'absence de vitamine A, les variations que l'on fait subir aux proportions des lipides alimentaires, *même s'il s'agit de lipides naturels et*

*d'origine animale*, ne semblent pas pouvoir s'opposer aux profondes altérations des lipides tissulaires constatées au cours de l'avitaminose A.

Contrairement à ce que l'on peut réaliser, au moins partiellement, dans l'avitaminose B, il paraît assez difficile d'entraver l'éclosion des accidents de l'avitaminose A autrement que par l'administration, à dose convenable, de substances spécifiques.

| | Numéros des régimes. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | N° 50. | N° 101. | N° 102. | N° 103. |
| Peptone de muscle | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Levure de bière sèche (source de vitamines B) | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Dextrine | 63,5 | 63,5 | 51,5 | 39,5 |
| *Huile d'arachide chauffée dans un courant d'air.* | 12 | – | – | – |
| *Saindoux* (simplement filtré à 40°) | – | 12 | 24 | 36 |
| Mélange salin (Osborne et Mendel) | 4 | 4 | 4 | 4 |

Le régime 101 diffère de notre régime habituel RS n° 50 (¹) par la substitution, à l'huile chauffée, d'un poids égal de saindoux. Dans les régimes 102 et 103, la proportion de saindoux est augmentée aux dépens de la dextrine.

BIOLOGIE. — *Influence des vitamines* A *et* D *sur les réactions humorales dans la tuberculose humaine*. Note de MM. **J. Donato, R. Jacquot** et **H. Penau**, présentée par M. Achard.

A la suite de très nombreuses recherches (Osborne et Mendel, Mac Carrison) on sait que les animanx carencés en vitamine A sont rapidement atteints d'infections : kystes sublinguaux, broncho-pneumonies, entérites, lithiases vésicales et rénales, provoquées par une modification primitive et profonde des épithéliums (Wolbach et Howe) qui se kératinisent et deviennent rapidement le siège de formations secondaires infectantes.

De son côté Von Euler a démontré le rôle antiinfectieux du carotène chez le Rat inoculé par le *Bacterium hemo-septicum :* ces recherches portant sur l'animal ont été extrapolées avec succès, dans certains cas, à la thérapeutique humaine par Green et Mellanby, par Barnett et Sure. Enfin les travaux de Mouriquand et de Busson ont d'autre part attiré l'attention sur l'importance de la vitamine A dans la croissance de l'enfant en bas âge et jeune.

En ce qui concerne la vitamine antirachitique D, les recherches intéres-

(¹) Mme L. Randoin et R. Netter, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 15, 1933, p. 706 et 944.

| M. L... | | | | G. C... | | | | J... | | | | E. T... | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dates. | S. Fl. | Calc. | Chol. | Dates. | S. Fl. | Calc. | Chol. | Dates. | S. Fl. | Calc. | Chol. | Dates. | S. Fl. | Calc. | Chol. | Phosph. |
| 10– 2–31 | 48 | 80 | 1,40 | 23– 6–31 | 103 | 81 | 1,45 | 30– 6–31 | 56 | 79 | 1,35 | 29–10–31 | 21 | 100 | 1,5 | 95 |
| 24– 7–31 | 18,5 | 92 | 1,50 | 24– 7–31 | 113 | 92 | 1,55 | 31– 7–31 | 39,5 | 80 | 1,40 | 5–11–31 | 19 | 104 | 1,7 | – |
| 10– 9–31 | 15 | 95 | 1,62 | 28– 8–31 | 26,5 | 110 | 1,50 | 6– 8–31 | 43 | 81 | 1,42 | 4–12–31 | 23 | 108 | 1,80 | – |
| 24–10–31 | 7,5 | 114 | 1,90 | 24–10–31 | 3 | 110 | 1,96 | 3– 9–31 | 35 | 86 | 1,60 | 16– 1–32 | 20 | 106 | 1,75 | 105 |
| 27–11–31 | 12,5 | 104 | 1,75 | 4–12–31 | 13,5 | 118 | 1,95 | 27–11–31 | 10 | 96 | 1,8 | 25– 2–32 | 21 | 111 | 2,08 | – |
| 16– 1–32 | 10,5 | 112 | 1,80 | 7– 1–32 | 1,5 | 115 | 1,80 | 23– 1–32 | 8,5 | 118 | 1,66 | 14– 3–32 | 16 | 113 | 1,85 | 108* |
| 23– 2–32 | 10 | 104 | 1,75 | 27– 9–32 | 16 | 105 | 1,05 | 25– 2–32 | 15 | 124 | 1,51 | – | – | – | – | 164** |
| 5– 4–32 | 9,5 | 106 | 1,59 | 21–10–32 | 20 | 113 | 1,83 | 7– 4–32 | 20 | 84 | 1,65 | 12– 4–32 | 26,5 | 103 | 1,58 | - |
| 3– 5–32 | 21,5 | 114 | 1,65 | 2–11–32 | 12 | 117 | 1,87 | 28– 4–32 | 15 | 92 | 1,72 | 3– 5–32 | 16 | 109 | 1,63 | 117 |
| 2– 6–32 | 7 | 118 | 2,03 | 1–12–32 | 22 | 123 | 1,98 | 3– 5–32 | 23 | 96 | 1,75 | 2– 6–32 | 19,5 | 115 | 2,15 | – |
| 2– 7–32 | 10,5 | 109 | 1,53 | 15–12–32 | 15,5 | 119 | 1,87 | 11– 7–32 | 2,5 | 110 | 1,68 | 2– 7–32 | 6,5 | 116 | 2,11 | 121 |
| 4–10–32 | 17 | 89 | 1,69 | 18– 1–33 | 4 | 114 | 2,42 | 10– 9–32 | 15 | 108 | 1,75 | 7–10–32 | 24 | 118 | 1,95 | 131 |
| 18–11–32 | 25 | 105 | 1,75 | 16– 2–33 | 8 | 118 | 2,20 | 25–10–32 | 16 | 116 | 1,80 | 4– 1–33 | 25,5 | 115 | 1,47 | 127 |
| 29–12–32 | 22,5 | 117 | 1,68 | 23– 3–33 | 6 | 121 | 2,15 | 18–11–32 | 10 | 113 | 1,96 | 22– 2–33 | 11 | 119 | 2,24 | – |
| 20– 1–33 | 12 | 105 | 1,83 | 4– 5–33 | 15,5 | 120 | 2,59 | 27–12–32 | 12 | 111 | 1,80 | 23– 3–33 | 14 | 101 | 1,97 | 133 |
| 9– 2–33 | 19,5 | 107 | 2,73 | 8– 6–33 | 9 | 122 | 2,40 | 19– 1–33 | 18 | 109 | 2,27 | 20– 4–33 | 8,5 | 108 | 2,23 | – |
| 9– 3–33 | 19 | 104 | 1,85 | 16– 8–33 | 6 | 124 | 2 | 28– 1–33 | 15 | 110 | 2,10 | 4– 5–33 | 7 | 113 | 2,26 | – |
| 25– 3–33 | 21 | 126 | 1,55 | 26–10–33 | 8 | 119 | 1,98 | 14– 4–33 | 5 | 119 | 1,97 | 6– 7–33 | 2 | 116 | 2,31 | – |
| 28– 4–33 | 8 | 124 | 1,88 | 21–12–33 | 5 | 125 | 2,30 | 1– 6–33 | 5 | 114 | 2 | 12–10–33 | 4 | 114 | 2 | – |
| 9– 8–33 | 5,4 | 102 | 1,70 | | | | | 17– 8–33 | 7 | 113 | 2,17 | 5–11–33 | 17 | 116 | 2,03 | 135 |
| 6–10–33 | 20,5 | 105 | 1,47 | | | | | 12–10–33 | 4 | 111 | 1,84 | 14–12–33 | 12 | 118 | 2 | 137 |
| 3–11–33 | 11 | 107 | 1,75 | | | | | 9–11–33 | 6 | 116 | 1,98 | | | | | |
| 30–12–33 | 7 | 111 | 1,69 | | | | | 5–12–33 | 5 | 113 | 1,96 | | | | | |
| 5– 1–34 | 9,5 | 106 | 1,50 | | | | | | | | | | | | | |

* Sérum. ** Sang total.

santes de Levaditi et Li-Yuan-Po leur ont permis de démontrer que l'ergostérol irradié administré, *per os*, à des animaux porteurs de lésions tuberculeuses à évolution lente, augmente dans une proportion considérable la calcification de ces lésions; cette calcification ayant pour siège le cytoplasme des éléments cellulaires bacillifères. De leur côté, par voie chimique, Simonnet et Tanret ont confirmé cette action chez le Lapin tuberculisé soumis à des injections intraveineuses d'ergostérol irradié.

Étant donné ce qu'on sait du rôle calcifiant joué par cette vitamine dans le rachitisme, la tétanie infantile, l'ostéomalacie, étant donnés d'autre part les résultats obtenus autrefois par l'huile de foie de morue en tuberculose pulmonaire humaine, encore que celle-ci soit relativement pauvre en vitamine D, il nous a paru intéressant de rechercher comment se comporterait le sang des tuberculeux auxquels aurait été administré par voie intramusculaire, en solution huileuse, le mélange carotène-vitamine D.

Les recherches de laboratoire ont porté sur les déterminations dans le sérum sanguin des tuberculeux : de la cholestérine, du calcium, de la séro-floculation de Vernes.

Les résultats de ces recherches portant sur quarante malades ont été consignés dans des tableaux dont nous reproduisons quelques-uns ci-contre. L'examen de ces tableaux montre :

1° qu'il existe une élévation générale de la calcémie qui passe de 80-90$^{mg}$ à 100-110$^{mg}$ et même parfois à 120$^{mg}$ : moyenne 115.

2° que le taux de la cholestérine, qui est d'abord de 1$^{g}$,44 à 1$^{g}$,80, s'élève à 2$^{g}$,50 par litre de sang.

Le dosage du phosphore sanguin effectué chez deux malades a, de même, démontré une élévation de la phosphatémie.

Si ces résultats traduisent d'une façon générale une amélioration nette du métabolisme phosphocalcique d'une part, antitoxique de l'autre, par ailleurs, la courbe de séro-floculation de Vernes s'abaisse progressivement pour finalement atteindre des chiffres normaux (16-10 et même au-dessous).

En même temps que ce retour à la normale de la composition du sérum sanguin, on constate une ascension caractéristique du taux de l'hémoglobine, de la formule globulaire (hémoglobine 70 à 95 pour 100; 4 globules rouges 3 600 000 à 5 000 000) et du poids du malade.

En outre, chez des sujets constamment bacillifères durant des années, les crachats deviennent progressivement et totalement négatifs, en même temps que l'on constate l'effacement ou la transformation scléro-cicatricielle d'ombres radiographiques pathognomoniques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence d'acide salicylique et d'acide phénylacétique dans la graisse acétono-soluble du bacille tuberculeux.* Note de M. **Nils Stendal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'odeur particulière, et la coloration progressive des cultures de bacille tuberculeux font penser à la présence dans ce bacille de composés aromatiques.

Bürger [1] a cru pouvoir expliquer ces faits par la présence d'aldéhyde salicylique, sans d'ailleurs isoler ce composé.

Tout récemment R. J. Anderson et Melvin S. Newman [2] sont parvenus à isoler de l'acide anisique, ainsi qu'un pigment jaune, virant au rouge en milieu alcalin, auquel ils attribuent la formule $C^{11}H^{8}O^{3}$.

Mais, comme l'admettent ces auteurs, ces composés ne sont pas les seuls constituants aromatiques du bacille tuberculeux.

Nous avons pu le démontrer en isolant l'acide salicylique et l'acide phénylacétique.

En faisant subir à 70^g d'acides gras totaux, provenant de la graisse acétono-soluble du bacille tuberculeux, un entraînement très lent par la vapeur d'eau, nous avons pu isoler, par traitement du distillat aqueux (6 L.), un mélange d'acide myristique e d'un produit jaune qui peuvent être séparés grâce à l'insolubilité dans l'acétone du myristate de sodium. Nous ne parlerons pas de ce « pigment » isolé à l'état cristallisé et analysé par Anderson et Newman.

De plus nous avons remarqué que les eaux qui s'accumulent dans le ballon distillatoire avec les acides gras non volatifs, donnent, après séparation, une coloration violette intense par action du perchlorure de fer dilué. Ces eaux ont été épuisées par l'éther jusqu'à disparition presque totale de la réaction au perchlorure de fer. Les solutions éthérées abandonnent à une solution de bicarbonate de sodium une partie acide, qui, isolée par les méthodes habituelles, pèse 0^g,93 et se présente sous forme d'une huile jaune, odorante, cristallisant partiellement après 12 heures de repos. Ces cristaux n'ont pu être isolés directement, ni par action de divers solvants, ni par sublimation.

0^g,65 de ce produit ont été traités par l'éther de pétrole (Éb. 30°-50°) à l'ébullition.

*Le résidu* peu soluble, pesant 0^g,11, est coloré en brun et donne après plusieurs cristallisations dans le benzène des cristaux bien formés, mais encore légèrement colorés, même après décoloration au noir activé. Ce corps a été identifié à l'*acide*

---

(1) M. Bürger, *Biochem. Zeitschr.*, 78, 1916, p. 155-164.

(2) *Journ. of Biol. Chem.*, **101**, 1933, p. 773-779.

*salicylique* par les réactions suivantes : 1° un cristal déposé sur une goutte d'une solution de bicarbonate de sodium donne un dégagement gazeux très appréciable; 2° les solutions benzéniques présentent à la lumière de Wood la fluorescence caractéristique des corps de la série salicylique; 3° en solution aqueuse, il donne avec le perchlorure de fer dilué une coloration violette intense; 4° en chauffant un cristal de ce produit avec un mélange d'alcool méthylique et d'acide sulfurique, nous avons observé l'odeur caractéristique du salicylate de méthyle; 5° une solution aqueuse diluée donne par l'iode en présence de carbonate de sodium un précipité de tétraiododiphénylènequinone; 6° le point de fusion immédiat qui est de + 158°,5 ne subit pas de dépression après mélange avec l'acide salicylique.

*La solution* pétrolique, concentrée et refroidie, abandonne des cristaux mal formés, fondant entre + 125° et + 130°. Après décantation, les eaux mères sont évaporées dans une capsule. Il apparaît alors au fond de celle-ci des cristaux lamellaires, brillants, fondant entre + 70° et + 71°, et ne donnant qu'une coloration rose très faible par le perchlorure de fer. Par contre, la partie qui grimpe le long de la capsule est plus jaune, d'aspect butyreux, et se colore intensément par ce réactif. Les cristaux lamellaires recueillis ont été purifiés par le procédé du « grimpage », jusqu'à ce que le liséré supérieur soit parfaitement blanc. Le point de fusion est alors uniformément de + 73°,5 — + 74°, et le perchlorure de fer ne produit plus aucune coloration. Nous n'avons pu obtenir que 0g,033 de ce produit, la méthode de purification employée entraînant des pertes importantes.

*Analyse*. — Subst. 3mg,745, $CO^2$ 9mg,600, $H^2O$ 2mg,055, C 69,91 pour 100, H 6,15 pour 100, O 23,94 pour 100. Calculé pour $(C^8H^8O^2)^n$ : C 70,54 pour 100, H 5,94 pour 100, O 23,52 pour 100.

*Cryoscopie*. — Subst. : 0mg,84, Camphre 6mg,29 — $\Delta t = 39°$. P. m. : trouvé 140,2; calculé pour $C^8H^8O^2$ : 136.

Notre produit est constitué de lamelles très fines, brillantes, solubles dans l'eau et dans tous les solvants organiques usuels.

Il présente l'odeur caractéristique de l'acide phénylacétique et décompose une solution de bicarbonate de sodium. Le mélange de notre produit avec un échantillon d'acide phénylacétique pur (P. F. : + 76°,5) fond à 75°,5.

Ces deux acides existent-ils à l'état libre dans la matière grasse du bacille tuberculeux? Nous ne le pensons pas, car nous n'avons pu en obtenir par entraînement à la vapeur de la matière grasse non saponifiée; au lieu de ces acides, nous avons recueilli quelques gouttes d'une essence, miscible à l'éther de pétrole, donnant après saponification une partie acide cristalline, peu soluble dans ce solvant et dont nous nous proposons de continuer l'étude.

PROTISTOLOGIE. — *Ebriacées, Dinoflagellés et Radiolaires.* Note ([1]) de M. **Raymond Hovasse**, présentée par M. Ch. Gravier.

Les Ebriacées constituent un groupe de Flagellés dont on ne connait actuellement que quatre espèces, appartenant à autant de genres : *Ebria*, *Hermesinum*, *Gymnaster* et *Diaster*, restes d'une importante famille de Protistes de l'époque Tertiaire.

On les caractérise par l'absence de pigments assimilateurs, la présence d'un noyau du type dinokaryon, ou voisin de ce type, et la possession d'un squelette silicieux plein, intraprotoplasmique. Tous les auteurs qui ont étudié ce dernier ont noté ses affinités certaines vers celui des Radiolaires : Lemmermann (1901), P. Schulz (1928), Gemeinhardt (1931), l'ont admis, sans cependant séparer les Ebriacées des Silicoflagellés, qui, par l'ensemble de leurs caractères, sont, ainsi que l'avait prévu Pascher, des Chrysomonadines, formes nettement plus éloignées des Radiolaires. G. Deflandre (1932) a lui aussi rapproché les Ebriacées vraies des Radiolaires, par la considération exclusive des squelettes, tout en faisant une réserve en ce qui concerne leurs kystes, qu'il rapproche de ceux des Chrysomonades.

Cependant Schütt avait, dès 1895, signalé que *Actiniscus pentasterias* Ehr. — qui est certainement un squelette d'Ebriacée — se rencontre inclus dans le cytoplasme d'un Gymnodinien qu'il appelle *Gymnaster pentasterias*. Malgré les scrupules de Gemeinhardt pour lequel le squelette décrit par Schütt ne paraît pas identique aux *Actiniscus* fossiles, la considération des caractères nucléaires, tels qu'elle se dégage de l'étude des *Hermesinum* et *Ebria* actuels, et d'une figure de Meunier (1910), m'a poussé à rapprocher les Ebriacée des Péridiniens, avec cette réserve que l'observation de Schütt, faite d'après un unique exemplaire conservé, soit vérifiée (1932) ([2]).

Or cette vérification existe : Walter Zimmermann a observé sur le vif, à Naples, en 1924, à deux reprises différentes, un indiscutable Gymnodinien à squelette siliceux interne, correspondant sensiblement à l'espèce de Schütt ([3]).

*Rien ne s'oppose donc plus à ce que nous classions définitivement les*

---

([1]) Séance du 15 janvier 1934.

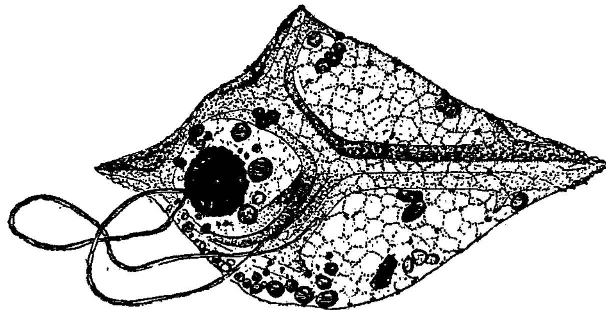
([2]) R. Hovasse, *Bul. Biol.*, 66, 1932, p. 497.

([3]) W. Zimmermann, *Zeitsch. f. Bot.*, 23, 1930, p. 420.

*Ebriacées dans le vaste groupe des Dinoflagellés, en les rattachant aux Gymnodiniens.*

Il y a là encore un remarquable exemple justifiant la confiance accordée par M. E. Chatton, puis à sa suite par G. Teissier et moi-même, aux caractères nucléaires, de préférence aux autres caractères, dans la classification des Protistes.

Cependant, la cinétide des Péridiniens est extrêmement caractéristique : elle se retrouve identique dans les formes les plus modifiées par le parasitisme, au moins lors de la formation des Gymnospores. Elle comprend partout deux flagelles hétérodynames.



Or, si Borgert a bien signalé deux flagelles chez *Ebria*, je n'en ai pour ma part pu voir qu'un seul sur les *Hermesinum* observés vivants (1932).

J'ai été ainsi amené à reprendre chez ce type l'étude de la cinétide sur matériel fixé (voir figure). J'ai reconnu là aussi l'existence de deux flagelles très fins et courts. Ils sont nettement inégaux, et unis au noyau par un connectif extrêmement court, le noyau effleurant la pellicule superficielle au niveau de leur insertion. Il est vraisemblable qu'ils sont hétérodynames, puisque sur le vif, un seul, et sans doute le plus court, bat vers l'arrière.

On se trouve ainsi en présence d'un type de cinétide voisin de celui des Adinides, et aussi de celui des Cryptomonades.

Est-ce à dire cependant que la parenté des Ébriacées avec les Péridiniens exclue une autre parenté avec les Radiolaires? Il ne semble pas. On ne peut négliger les caractères tirés de l'étude des squelettes : Gemeinhardt, Deflandre et moi-même sommes parfaitement d'accord à ce sujet. Mais, il y a plus. W. Zimmermann (*loc. cit.*) décrit chez *Gymnaster pentasterias*, à l'intérieur du squelette siliceux et le touchant extérieurement, c'est-à-dire à une certaine distance du noyau, une membrane particulière, élastique, résistant à l'acide acétique, mais détruite par l'eau de Javelle, ayant ainsi

les caractères de la membrane entourant la capsule centrale des Radiolaires. Rappelons que cette formation n'existe absolument que chez les Radiolaires, qu'elle n'y fait jamais défaut. La possession d'une capsule centrale suffirait ainsi, indépendamment du squelette siliceux, à faire de *Gymnaster* un Radiolaire.

Cette forme constitue donc une remarquable transition entre Péridiniens et Radiolaires, transition sur laquelle Zimmermann ne me semble pas avoir suffisamment insisté. La considération des caractères nucléaires avait permis à E. Chatton, dès 1925, de prévoir ce rapprochement (1).

La famille des Ébriacées, jusqu'ici *incertæ sedis*, se trouve ainsi amenée à la limite commune des deux ordres des Rhizopodes et des Flagellés.

PROTISTOLOGIE. — *Sur un Dinoflagellé à capsule périnucléaire*, Plectodinium, n. gen. nucleovolvatum, n. sp. *et sur les relations des Péridiniens avec les Radiolaires.* Note de Mlle **Berthe Biecheler**, présentée par M. F. Mesnil.

Parmi les Dinoflagellés qui végètent dans l'étang de Thau, il s'est présenté au mois d'octobre 1933, en assez grande abondance, un Gymnodinien incolore, qui par ses caractères extérieurs se rapproche du *Gyrodinium lachryma* que Meunier a découvert à l'état de rareté dans le plancton de la mer de Kara (2). Il s'en distingue cependant par d'importantes particularités qui, en plus de la question de son identité générique et spécifique, affectent celle des relations des Péridiniens avec les Radiolaires.

Il est piriforme, effilé antérieurement, arrondi postérieurement, long de 120 à 150$^{\mu}$ large de 50 à 60$^{\mu}$. Il est du type *Gyrodinium ;* sa ceinture descend en hélice lâche et fait un peu plus d'un tour complet. Le sillon longitudinal est subméridien et très étroit. Le flagelle postérieur est, caractère de l'espèce, dédoublé chez tous les individus (3). La cuticule est striée de bandelettes méridiennes, deux fois plus nombreuses sur l'hypocône que sur l'épicône.

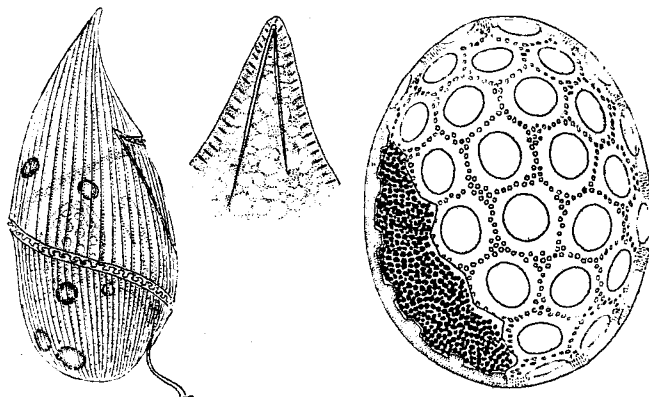
(1) E. Chatton, *Ann. Sc. Natur. Zool.*, 8, 1925, p. 36.

(2) *Campagne arctique de* 1907, p. 63, pl. XIV, fig. 21-22.

(3) L'existence de deux flagelles postérieurs a déjà été mentionnée par Ohno chez *Gymnodinium biciliatum*, petite forme d'eau douce du Japon. Elle a été mise en doute par Schiller qui a contesté la valeur de l'espèce. Elle est ici hors de discussion.

Dans le protoplasme transparent on aperçoit facilement, sur le vivant, des trichocystes alignés sous les bandelettes cuticulaires, deux pusules postérieures vésiculeuses, allongées, inégales, des inclusions cytoplasmiques réfringentes (immédiatement osmio-réductrices); le noyau volumineux presque central. Sur préparations fixées l'hématoxyline au fer fait apparaître, dans le cytoplasme, une longue baguette creuse brisée à angle aigu au pôle antérieur, et très effilée à ses deux extrémités.

Le noyau présente le caractère le plus intéressant. C'est un dinocaryon



classique, revêtu d'une mince membrane. Mais alors que chez tous les Péridiniens cette membrane est au contact même du cytoplasme, elle en est séparée ici par une enveloppe épaisse, bien visible *in vivo*, ornementée, qui la masque en la moulant exactement. Son ornementation se compose des élémemts suivants : 1° des hexagones ou subhexagones de deux à trois $\mu$ de diamètre, circonscrivant des cercles plus petits; 2° de fines ponctuations occupant les lignes mitoyennes des hexagones et qui correspondent à de fins canalicules. Cette capsule, qui résiste à l'acide acétique, est dissoute par l'eau de Javelle mais plus lentement que le cytoplasme dont on l'isole facilement par ce réactif. Elle semble être de nature protéique.

Ce Gymnodinien diffère de celui de Meunier et des Dinoflagellés en général, par trois caractères très nets : 1° le dédoublement du flagelle axial; 2° la présence d'un acicule intracytoplasmique creux; 3° l'existence d'une capsule périnucléaire. Le premier de ces caractères ne correspond peut-être qu'à une prédivision précoce. Le second est d'interprétation encore incertaine. Mais inclinant à y voir un prospicule, je rappelle l'existence de vrais spicules siliceux étoilés, découverts par Schütt, en 1895, chez un Gymnodinien, le *Gymnaster pentasterias*. Au troisième s'attache une impor-

tante signification. La capsule périnucléaire du *Plectodinium* s'identifie par ses réactions, sa structure, son ornementation, à la capsule centrale des Radiolaires péripylaires dont elle ne diffère que parce qu'elle est au contact immédiat du noyau, au lieu de ménager entre elle et lui un espace plein de cytoplasme (espace intracapsulaire). En dehors des Radiolaires on ne connaît jusqu'ici de capsule centrale que chez ce même Gymnodinium à spicules : le *Gymnaster pentasterias*. Zimmermann (1930) ([1]), qui l'a découverte, la décrit distante du noyau, mince et lisse, élastique et résistante, insoluble dans l'acide acétique, mais attaquée par l'eau de Javelle. Il l'homologue à la capsule centrale des Radiolaires.

Voici donc deux Péridiniens, à caractères de Radiolaires, dont la connaissance vient à l'appui de la notion introduite par Chatton (1925) ([2]), en considération des caractères nucléaires, de relations phylétiques entre les deux groupes. Reprise par Belár, Hartmann, Reichenow, Trojan, elle se renforce des observations de Hovasse ([3]) sur les Ebriacées, Flagellés apparentés aux Radiolaires par leur squelette siliceux et aux Péridiniens Adinides par leur dinocaryon et leur cinétide.

---

([1]) *Zeitschr. f. Bot.*, 23, 1930, p. 440.
([2]) *Ann. Sc. nat.*, 8, 1925, p. 36 et 77.
([3]) Voir la Note ci-dessus, p. 402.

La séance est levée à 15h45m.

É. P.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1933 (*suite et fin*).

*Étude de l'amas de Præsepe basée sur les magnitudes photographiques et les longueurs d'onde effectives de 1821 étoiles*, par H. L. VANDERLINDEN. Gembloux, Imprimerie Jules Duculot, 1933; 1 fasc. 32$^{cm}$.

*Carte géologique de l'Angola* (1/2000000$^e$). *Notice explicative*, par F. MOUTA et H. O'DONNELL. República Portuguesa. Ministério das Colónias. Colónia de Angola, 1933; 1 vol. 32$^{cm}$.

*Calculs des tarifs des assurances de « Risques divers » et quelques autres questions de technique (Réassurances, réserves, bénéfices)*, par L. POTIN. Paris et Liège, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1934; 1 vol. 25$^{cm}$. (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

*La Gamme. Gamme de Pythagore. Gamme d'Aristoxène. Gamme tempérée*, par M. E. MATHIAS. Extrait des *Mémoires de l'Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres de Toulouse*. Imprimerie toulousaine, 1933; 1 fasc. 24$^{cm}$.

*Nouvelles recherches sur la matière fulminante*, par E. MATHIAS. Extrait du *Bulletin de l'Institut et Observatoire de physique du globe du Puy-de-Dôme*. Supplément au nº 6. Clermont-Ferrand, Imprimerie générale, 1933; 1 fasc. 25$^{cm}$.

*Souvenirs d'un physiologiste*, par CHARLES RICHET. Paris, J. Peyronnet et C$^{ie}$, 1933; 1 vol. 19$^{cm}$,5.

*The « Simplex » Navigation and Avigation. Tables*, par J. CARLOS PINTO. Fayal, Azores, Bensaude et C$^{ie}$, 1933; 1 vol. 25$^{cm}$,5.

*Perméabilité cellulaire et problème du cancer*, par W. KOPACZEWSKI. Paris, Librairie Le François, 1934; 1 vol. 25$^{cm}$,5. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

*Les circuits oscillants. Introduction à l'étude de la radiotechnique*, par J. MERCIER. Paris, Librairie Delagrave, 1934; 1 vol. 25$^{cm}$,5.

*La lutte internationale contre le cancer*, par JACQUES BANDALINE. Paris, Éditions médicales Norbert Maloine, 1933; 1 vol. 24$^{cm}$. (Présenté par M. Ch. Richet.)

## *ERRATA.*

(Séance du 3 janvier 1934.)

Note de M. *Jean Piveteau*, Le crâne primordial dans un Poisson triasique de Madagascar :

Page 112, ligne 12, *au lieu de* Ces différences..., *lire* Les différences avec les Élasmobranches.

(Séance du 8 janvier 1934.)

Note M. *L. Royer*, Des matières étrangères qui, ajoutées à l'eau mère d'une solution, sont susceptibles de modifier le faciès des cristaux du corps dissous :

Page 185, ligne 10 (§ 1), *au lieu de* le faciès des cristaux eux-mêmes des relations, *lire* le faciès des cristaux et les cristaux eux-mêmes des relations.

Note de M[me] *Hurel-Py*, Recherches sur les conditions du pH nécessaires pour obtenir la germination des grains de pollen et la coloration vitale de leurs vacuoles :

Page 197, ligne 14, *au lieu de* 3/10000[e], *lire* 3/100000[e].

(Séance du 15 janvier 1934.)

Note de M[me] *Irène Curie* et M. *F. Joliot*, Un nouveau type de radioactivité :

La figure représentée page 255 doit être supprimée.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 29 JANVIER 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 26 janvier 1934, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Antonin Gosset** pour occuper dans la Section de Médecine et Chirurgie la place vacante par le décès de M. *E. Quénu*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Antonin Gosset** prend place parmi ses Confrères.

THERMODYNAMIQUE. — *Généralisation du problème de la réfraction des adiabatiques*. Note [1] de M. **E. Jouguet**.

1. MM. Raveau et Bruhat ont étudié, sur le diagramme $p, v$ d'un fluide pur, la réfraction des adiabatiques au passage de la courbe de saturation. Cette question se généralise comme suit.

Nous considérons un mélange de $n$ constituants indépendants comprenant soit une phase (système S), soit deux phases (système $S_{II}$) et nous nous référons aux notations de deux Notes antérieures. Dans la représentation R des états de S, on laisse $\nu_4, \ldots, \nu_{n+2}$ constants et $r_2$ est représenté en fonction de $\nu_2$ et de $\nu_3$ par une surface. Les courbes $R_2$ sont les sections de cette surface par les plans $\nu_3 = \text{const.}$ Dans ces lignes $R_2$, supprimons l'arc compris entre A et B et remplaçons-le par la droite AB. La ligne L

---

[1] Séance du 15 janvier 1934.

formée des arcs CA, BD (partie $l$) et de la droite AB (partie $l_{II}$), représente les états à $\nu_3, \ldots, \nu_{n+2}$ constants du mélange aussi bien sous la forme $S_{II}$ que sous la forme S : les points de la droite AB correspondent à des états de $S_{II}$, ceux de CA, BD à des états de S. (Il est entendu que $r_2$ est toujours le rapport des $N_2$ et $N_1$ *totaux*) (*fig.* 1).

Laissant toujours $\nu_4, \ldots, \nu_{n+2}$ constants, considérons les états du mélange pour lesquels $r_3$ (au lieu de $\nu_3$) est constant. Dans le plan $\nu_2$, $r_2$, ils se répartissent sur une courbe $\Lambda$ formée d'une partie $\lambda_{II}$, où le mélange a la forme $S_{II}$, et d'une partie $\lambda$ où il a la forme S.

La généralisation du problème de MM. Raveau et Bruhat consiste en l'étude de la disposition des lignes $l$, $l_{II}$, $\lambda$, $\lambda_{II}$ aux points A et B.

2. Dans toute la question, $\nu_4, \ldots, \nu_{n+2}$ sont maintenus constants. $N_1$ peut

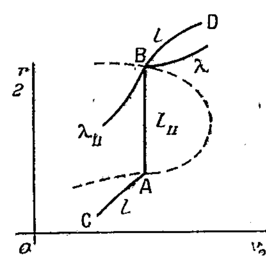


Fig. 1.

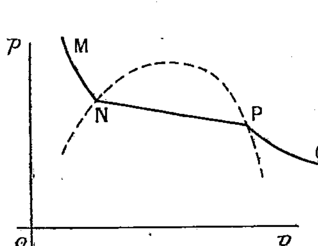


Fig. 2.

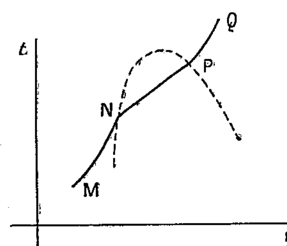


Fig. 3.

aussi être pris constant, et alors $dr_2$ et $dr_3$ sont proportionnels à $dN_2$ et $dN_3$. En différentiant les $n+1$ dernières équations (2) de notre avant-dernière Note avec $dN_1 = d\nu_4 \ldots = d\nu_{n+2} = 0$, et en éliminant $dN_4, \ldots, dN_{n+2}$, on trouve

$$(1) \quad \begin{cases} \Delta^{13}_{13}\, dN_2 + \Delta^{12}_{13}\, dN_3 = \Delta^{123}_{123}\, d\nu_2, \\ \Delta^{13}_{12}\, dN_2 + \Delta^{12}_{12}\, dN_3 = \Delta^{123}_{123}\, d\nu_3, \end{cases}$$

On peut écrire ces équations pour la forme S comme pour la forme $S_{II}$. Mais la fonction $\varepsilon$ (et les $\Delta$ qui s'en déduisent) ont des déterminations différentes pour ces deux formes (pour S on a la fonction $\varepsilon$, pour $S_{II}$ la fonction $\varepsilon_{II}$).

Occupons-nous d'abord du mélange sous la forme S. Rappelons-nous que, aux points A et B où nous nous plaçons, les conditions de stabilité sont vérifiées.

Le coefficient angulaire de $\lambda$ est

$$\cot\beta = \frac{1}{N_1}\left(\frac{dN_2}{d\nu_2}\right)_{N_3} = \frac{\Delta^{123}_{123}}{\Delta^{13}_{13}} > 0 \qquad \text{par la stabilité.}$$

Posons

$$\cot\varphi = \frac{1}{N_1}\left(\frac{dN_2}{d\nu_3}\right)_{N_2} = \frac{\Delta_{123}^{123}}{\Delta_{12}^{12}} > 0, \qquad \frac{1}{\tau} = \frac{\Delta_{123}^{123}}{\Delta_{13}^{12}} = \frac{\Delta_{123}^{123}}{\Delta_{12}^{13}}.$$

Nos équations (1) deviennent

$$(1') \qquad \begin{cases} \tan\beta\, dN_2 + \tau\, dN_3 = N_1\, d\nu_2, \\ \tau\, dN_2 + \tan\varphi\, dN_3 = N_1\, d\nu_3. \end{cases}$$

Le coefficient angulaire de $l$ est

$$(2) \qquad \cot\alpha = \frac{1}{N_1}\left(\frac{dN_2}{d\nu_2}\right)_{\nu_3} = \frac{\tan\varphi}{\tan\beta\tan\varphi - \tau^2} > 0 \quad \text{par la stabilité.}$$

Posons de même

$$(3) \qquad \cot\theta = \frac{1}{N_1}\left(\frac{dN_3}{d\nu_3}\right)_{\nu_2} = \frac{\tan\beta}{\tan\beta\tan\varphi - \tau^2} > 0 \quad \text{par la stabilité.}$$

$\cot\alpha$ et $\tan\varphi$ étant positifs, il faut que $\tan\beta\tan\varphi - \tau^2 > 0$. On a donc

$$\cot\alpha - \cot\beta = \frac{\tau^2}{\tan\beta(\tan\beta\tan\varphi - \tau^2)} > 0.$$

*Les courbes $l$ et $\lambda$ montent toutes deux de gauche à droite et $l$ monte plus vite que $\lambda$.*

Si l'on envisage maintenant la forme $S_{II}$, en se plaçant toujours en A ou B, les formules sont analogues avec cette différence que $\cot\alpha_{II}$ et $\cot\theta_{II}$ sont infinis. Le coefficient angulaire de $l_{II}$ est infini (c'est $\cot\alpha_{II}$); celui de $\lambda_{II}$ est $\cot\beta_{II}$.

3. *Réfraction de la courbe* $\Lambda$. — Cherchons une relation entre $\cot\beta_{II}$ et $\cot\beta$. Pour cela, considérons une modification issue de A ou de B et qui laisse le mélange sur la ligne $\Gamma$ : adoptons la caractéristique D pour cette modification. Ladite modification appartient à $S_{II}$ comme à S. En tant qu'appartenant à S, on peut écrire les équations (1′) :

$$\begin{aligned} \tan\beta\, DN_2 + \tau\, DN_3 &= N_1\, D\nu_2, \\ \tau\, DN_2 + \tan\varphi\, DN_3 &= N_1\, D\nu_3, \end{aligned}$$

auxquelles on joindra l'expression (3) de $\cot\theta$. De ces trois équations, on tire

$$\cot\beta = \frac{N_1\, DN_2\, D\nu_2 + N_1\, DN_3\, D\nu_3 - \tan\theta\, D\nu_3^2}{N_1^2\, D\nu_2^2}.$$

En tant qu'appartenant à $S_{II}$, la modification D donne des formules ana-

logues avec $\tang\theta_{II} = 0$. On a donc

$$\cot\beta_{II} = \frac{N_1 . DN_2 . D\nu_2 + N_1 . DN_3 . D\nu_3}{N_1^2 . D\nu_2^2}.$$

D'où

$$\cot\beta_{II} - \cot\beta = \tang\theta \frac{DN_3^2}{N_1^2 . D\nu_2^2}. \tag{4}$$

C'est la généralisation de la formule de M. Bruhat pour la réfraction des adiabatiques. Nous savons que $\tang\theta$ et $\cot\beta$ sont positifs. Donc :

*La courbe $\lambda_{II}$ monte de gauche à droite plus vite que $\lambda$.*

Il y a exception aux points critiques où, $\tang\theta$ étant nul, il n'y a pas de réfraction.

4. *Applications.* — 1° Vaporisation d'un fluide pur : réfraction des adiabatiques dans le diagramme en $p$, $v$. On fera $n=1$, $N_2 = v$, $\nu_2 = -p$, $N_3 = \eta$, $\nu_3 = t$.

Ici $\tang\theta$ correspond à une isobare et vaut $m_1(dt/d\eta)_p$, c'est-à-dire $t/C$, en désignant par C la chaleur spécifique du fluide homogène. $DN_3$ c'est $D\eta$ ou $N_1 \Gamma Dt/t$, en désignant par $\Gamma$ la chaleur spécifique de la vapeur saturée. La formule (4) devient :

$$\cot\beta_{II} - \cot\beta = \frac{1}{Ct} \frac{\Gamma^2}{\left(\frac{Dp}{Dt}\right)^2} \qquad \text{(formule de M. Bruhat).}$$

2° Vaporisation d'un liquide pur : réfraction des isobares dans le diagramme eutropique. On fera $n=1$, $N_2 = \eta$, $\nu_2 = t$, $N_3 = v$, $\nu_3 = -p$.

Ici $\tang\theta$ correspond à une isotherme et vaut $-m_1(dp/dv)_t$ ou $m_1(i/v)$ ($i$ module de compressibilité). De même le module de compressibilité de la vapeur saturée est défini par $j = -v(Dp/Dv)$. La formule (4) s'écrit

$$\cot\beta_{II} - \cot\beta = \frac{i}{j^2} \frac{v}{m_1} \left(\frac{Dp}{Dt}\right)^2.$$

3° Mélange de deux fluides : en faisant $N_1 = m_1$, $N_3 = m_2$, $N_2 = v$, $N_4 = \eta$, on étudie la réfraction, sur un diagramme en $p$, $v$, des isothermes d'un système fermé ($t$, $m_1$, $m_2$ constants). En faisant $N_1 = m_1$, $N_3 = m_2$, $N_2 = \eta$, $N_4 = v$, on étudie la réfraction, sur un diagramme entropique, des isobares d'un système fermé ($p$, $m_1$, $m_2$ constants). On retrouve ainsi les formes d'ailleurs classiques des figures 2 et 3.

4° Mélange de trois corps. — $N_1 = m_1$, $N_2 = m_2$, $N_3 = m_3$, $N_4 = v$, $N_5 = \eta$. $\nu_4$ et $\nu_5$ étant constants, on opère à pression et température constantes La courbe $\Lambda$ donne $m_2$ en fonction du logarithme de la fugacité avec $m_1$

et $m_3$ constants. La courbe L donne $m_2$ en fonction du logarithme de la fugacité avec $m_1$ constant et en présence du corps 3 précipité. Cette dernière monte plus vite de gauche à droite que la première, laquelle se réfracte de telle sorte que $\lambda_{II}$ monte plus vite que $\lambda$.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une propriété des lampes triodes.* Note de MM. **Armand de Gramont** et **Daniel Beretzki**.

Les mesures effectuées au moyen de lampes triodes sont habituellement obtenues en modifiant le potentiel de grille; dans le nouveau montage que nous avons réalisé les phénomènes à étudier influent sur le potentiel de la plaque.

Si nous considérons une lampe à trois électrodes à chauffage indirect (*fig.* 1) et si nous intercalons entre la cathode C et la grille G un milli-

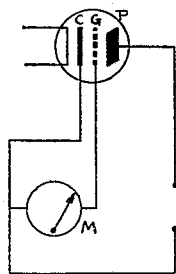
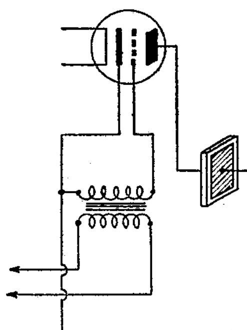
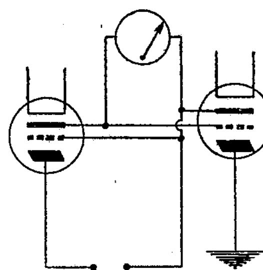


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.

ampèremètre M, nous observons le passage d'un courant; il est à noter que ce courant se produit sans apport sur la grille ou sur la plaque d'une tension auxiliaire; la seule énergie fournie se trouve être le chauffage de la cathode qui produit le flux électronique.

Parmi les électrons issus de la cathode, ceux qui ont une vitesse suffisante sont captés par la grille et produisent le courant électrique décelé par le milliampèremètre; si nous chargeons négativement la plaque, nous ralentirons la vitesse des électrons; ceux dont la vitesse est faible n'atteindront plus la grille et le milliampèremètre dénotera une diminution de courant. Si l'on augmente encore le potentiel négatif de la plaque, le courant ne sera plus décelable : aucun électron n'atteint alors la grille.

L'essai de lampes de types variés montre que le courant est en relation avec le pas, la transparence de la grille et sa distance à la cathode.

Ce montage trouve son application chaque fois qu'il s'agit de déceler des tensions issues de générateurs à résistance interne élevée tels que cristaux piézo-électriques ou cellules photo-électriques. Puisque les électrons n'atteignent pas la plaque, l'espace plaque-cathode présente une très grande résistance; cette grande résistance interne de la lampe étant du même ordre que celle du générateur, celui-ci peut conserver ses propres tensions, en sorte que le courant mesuré découle du phénomène étudié mais ne l'altère pas.

Par analogie, ce montage pourrait être assimilé à un transformateur dont le primaire serait l'espace plaque-cathode et le secondaire l'espace cathode-grille. A titre d'exemple, il permet de déceler avec une cellule ordinaire des flux lumineux inférieurs à $10^{-6}$ lumen; les tensions déterminées sur une lame piézo-électrique utilisée comme microphone (*fig.* 2) donne des courants que l'on peut facilement amplifier.

Nous indiquons sur la figure 3 un dispositif qui permet d'utiliser des instruments de mesure sensibles : pour annuler le courant permanent cathode-grille on dispose une autre lampe triode montée en opposition avec la première; la première plaque est portée à un potentiel déterminé, la deuxième est la seule utilisée pour la mesure. En agissant sur cette dernière, il se produit un déséquilibre indiqué par le micro-ampèremètre.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Présence exceptionnelle du virus murin dans les urines des rats infectés expérimentalement par ce virus.* Note de MM. **Charles Nicolle**, **Paul Giroud** et Mme **Hélène Sparrow**.

Dans des Notes antérieures, il a été démontré que le passage du virus typhique murin se faisait, de façon constante, par voie digestive, les rats sains ingérant les cadavres de leurs congénères infectés ou bien les puces infectées de ceux-ci. La piqûre de puce peut transmettre, elle aussi, la maladie; mais cette voie doit être exceptionnelle dans la nature. Jamais aucun auteur n'a réussi cette transmission, sauf nous-mêmes et dans un seul cas (chez un singe). Malgré sa grande rareté, ce mode est, sans doute, celui qui assure la contamination naturelle de l'homme; cette contamination est d'ailleurs rare dans les laboratoires, si l'on réfléchit au danger quotidien des pipûres des puces.

Il était intéressant de chercher si l'urine des rats infectés pouvait jouer également un rôle dans la propagation de la maladie de rat à rat et, éven-

tuellement, du rat à l'homme. Une seule expérience de cet ordre, à notre connaissance, avait donné un résultat positif indiscutable. Elle est due à R. Weigl, et elle est demeurée inédite. Ce savant expérimentateur du typhus aurait reconnu l'existence du virus typhique historique dans l'urine de l'homme par inoculation de traces de celle-ci par voie anale chez le pou.

Nous n'avons pas employé cette méthode qui est, peut-être, la plus sensible. Nous avons utilisé les voies conjonctivale, sous-conjonctivale, sous-cutanée et péritonéale en nous servant, comme animal réactif, du cobaye. Trois virus murins ont été étudiés : deux mexicains (Zinsser, Mooser, qui, peut-être, sont le même), un de Toulon (Marcandier).

I. Virus murin mexicain (Zinsser). — *Instillation conjonctivale.* — Les urines éprouvées sont celles de 28 rats, aux 8$^e$, 9$^e$ jours de leur infection expérimentale. 21 cobayes sont soumis, pendant 1 à 3 jours, à l'instillation de III à IV gouttes d'urine; le contact virulent a été de 4 à 14 minutes.

Sept cobayes ont présenté des réactions thermométriques sans caractère. Certains des cobayes ont été sacrifiés pour des passages qui se sont montrés cliniquement négatifs.

A l'épreuve, avec le virus de passage, sur 22 cobayes (d'instillation ou de passage), 21 ont fait un typhus fébrile classique; un seul n'a pas réagi.

*Une urine, au moins sur 28, contenait le virus typhique à dose infectante.*

*Voie sous-conjonctivale.* — 18 rats aux 8$^e$, 9$^e$ jours de l'infection. 8 cobayes inoculés; 2 présentent une réaction thermométrique sans caractère. Sur 6 cobayes (inoculés ou de passage de cobayes sacrifiés), 1 seulement ne réagit pas à l'épreuve; un autre y réagit faiblement.

*Une urine, au moins sur 18, contenait le virus typhique à dose infectante.*

*Voie péritonéale.* — Première série d'expériences : 18 rats aux 8$^e$, 9$^e$ jours d'infection. 6 cobayes inoculés; 3 réagissent non clairement au thermomètre, 1 présente une orchite. Éprouvés avec le virus de passage, tous présentent un typhus fébrile classique.

*Deuxième série.* — Dix rats aux 2$^e$ à 10$^e$ jours, puis les 12$^e$ et 14$^e$ jours. Chaque cobaye reçoit 1$^{cm^3}$ d'urine par jour et les mêmes urines sont inoculées chaque jour à deux cobayes. Trois cobayes ont présenté une réaction thermométrique sans caractère. Sur un total de 21 cobayes (inoculés directement avec l'urine ou de passage de ces cobayes sacrifiés), 20 ont fait un typhus fébrile classique à l'épreuve, 1 une fièvre abortive.

II. Virus murin mexicain (Mooser). — *Première série.* — Quatre rats, urines prélevées aux 5$^e$ à 10$^e$ jours. Cinq cobayes, inoculés par *voie péritonéale* avec 0$^{cm^3}$,5 à 1$^{cm^3}$. Ni fièvre, ni immunité consécutives.

*Seconde série.* — Trois rats, urines prélevées aux 7$^e$, 9$^e$, 11$^e$ et 12$^e$ jours et inoculées par *voie péritonéale* à trois rats. Ceux-ci n'ont pas réagi au thermomètre (observation de 21 jours); ils sont morts avant la date fixée pour l'épreuve.

III. Virus murin de Toulon (Marcandier). — Douze rats aux 5$^e$ à 15$^e$ jours. Seize

cobayes inoculés avec 1/3 à $1^{cm^3}$ de leurs urines par voie *sous-cutanée ou péritonéale*. Ni fièvre, ni immunité consécutives.

Conclusions. — Ces expériences ont porté, au total, sur l'urine de 93 *rats*. Elles ont donné *deux résultats positifs*, tous les deux avec le virus Zinsser (le plus souvent expérimenté : 74 rats), une fois par instillation, une fois par voie sous-conjonctivale; jamais par les voies sous-cutanée ou péritonéale.

L'urine des rats, infectés expérimentalement par le virus typhique murin, est donc capable d'infecter le cobaye. Il est à penser que, dans la nature, le typhus murin peut se transmettre ainsi du rat au rat et du rat à l'homme, et, sans doute dans ces cas, par voie oculaire de préférence. La quantité de virus, contenue dans l'urine, est évidemment très minime; il est possible qu'elle ne soit pas suffisante pour que, dans bien des cas, l'expérience donne un résultat positif. Nous serions même assez disposés à croire que c'est plutôt à la dose insuffisante de virus qu'à son inconstance dans l'urine des rats qu'il faut attribuer le nombre exceptionnel des résultats positifs obtenus. Il est fort possible que la méthode de Weigl, plus sensible que les nôtres, donne des résultats positifs plus nombreux.

Sans avoir l'importance de l'ingestion des cadavres qui reste le mode de transmission le plus habituel, le rôle de l'urine n'est pas à rejeter dans la propagation de la maladie naturelle de rat à rat. Il convient, d'autre part, de se défier, dans les laboratoires, des urines des rats infectés et de la souillure des conjonctives par les doigts, contaminés de ces produits.

## ASTRONOMIE. — *Sur l'image focale des étoiles.* Note (¹) de M. Louis Roy.

On sait qu'en un point de l'image focale d'une étoile de magnitude $m$, situé à une distance angulaire $\alpha$ de son centre, l'éclairement a pour expression

$$\varepsilon = K.10^{-\frac{m}{2,5}} D^4 y, \qquad (1)$$

D étant le diamètre de l'ouverture utilisée que nous supposerons sans obturation centrale (lunette), K une constante pour toutes les ouvertures et $y$

(¹) Séance du 15 janvier 1934.

l'ordonnée du solide de diffraction, de hauteur 1, à la *distance*

$$x = \pi\alpha \frac{D}{\lambda} \qquad (2)$$

de son axe, $\lambda = 0{,}56 . 10^{-3}$ mm étant la longueur d'onde de la radiation la plus sensible à l'œil (étoile blanche ou, du moins, non fortement colorée).

Cela posé, considérons dans le plan $xOy$ le méridien du solide de diffraction, et soient $A_0(x_0, y_0)$ et $A_1(x_1, y_1)$ les points de cette courbe qui correspondent au bord du disque de l'étoile et au bord intérieur du premier anneau brillant, supposé visible avec l'ouverture employée. Les valeurs correspondantes $\varepsilon_0$ et $\varepsilon_1$ de $\varepsilon$ représentent les plus petits éclairements perceptibles par l'œil aux distances $\alpha_0$ et $\alpha_1$ du centre lumineux. Il résulte alors de (2) que la connaissance de la surface des diamètres apparents [1]

$$2\alpha_0 = f(m, D)$$

entraîne celle de la fonction

$$y_0 = g(m, D) \qquad (3)$$

qui définit, d'après (1), la loi de variation du plus petit éclairement perceptible au bord de la tache centrale.

On reconnaît ainsi que $y_0$ est, à ouverture constante, une fonction constamment croissante de $m$, qui tend vers 1 quand $m$ tend vers la magnitude limite qui *cesse* d'être accessible à l'ouverture D. A magnitude constante, lorsque D croît à partir de l'ouverture limite correspondante, $y_0$ commence par décroître à partir de la valeur 1, passe par un minimum, pour croître lentement ensuite. Pour $m \geqq 0$, le minimum minimorum de $y_0$ serait 0,052 pour $m = 0$ et $D = 165^{mm}$; pour $m = 5$, le minimum serait 0,42 pour $D = 290^{mm}$. Dans les deux cas, le premier anneau brillant est visible et comme $y_1 \leqq 0{,}0174$, ordonnée du sommet du premier anneau, on voit que le plus petit éclairement perceptible diminue très rapidement quand $\alpha$ croît de $\alpha_0$ à $\alpha_1$, c'est-à-dire quand on franchit le premier intervalle sombre.

Considérons maintenant deux étoiles de même magnitude $m$ et soit $\alpha$ leur distance angulaire, à laquelle correspond la *distance* $x$. L'éclairement en un point du plan focal est d'après (1)

$$\varepsilon = K 10^{-\frac{m}{2,5}} D^4 Y,$$

(1) L. Roy, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 304.

Y étant la somme des ordonnées $y$ des deux solides de diffraction au point considéré, c'est-à-dire l'ordonnée du *solide résultant* S. Soient C et C' les courbes d'intersection de S par chacun de ses plans longitudinal et transversal de symétrie, O' leur point d'intersection sur l'axe OY de S.

Pour $x < 3$, O' est le sommet de S; les courbures de C et C' en ce point étant de même sens, l'intersection de S par un plan normal à OY, qui représente une courbe d'égal éclairement, est un ovale d'autant plus allongé que $x$ est plus grand. Si le minimum d'éclairement perceptible à partir du centre lumineux ne diminuait pas à mesure qu'on s'en éloigne, la tache centrale serait limitée par une courbe d'égal éclairement. Il résulte alors de cette décroissance que la tache centrale est un ovale un peu plus allongé, qui présente son maximum d'éclairement en son centre. Ces courbes montrent que la duplicité commence à être reconnaissable aux environs de $x = 2$, c'est-à-dire de $\alpha = 73'',7 : D$, D étant exprimé en millimètres.

Pour $x = 3$ ($\alpha = 110'',5 : D$), le sommet de C, et par suite de S, est un segment de droite de *longueur* 1, en même temps que les courbes d'égal éclairement commencent à manifester un léger étranglement transversal. L'éclairement maximum de la tache centrale a donc lieu suivant son grand axe et sur une longueur égale au tiers de la distance des composantes.

Lorsque $x$ franchit la valeur 3, la courbure de C en O' change de sens, de sorte que, pour $x > 3$, la concavité de C en O' se trouve dirigée vers les Y positifs. Les courbures de C et C' en ce point étant ainsi devenues opposées, S présente maintenant deux sommets $O_1$ de même cote $Y_0$ séparés par un col O'. Une courbe d'égal éclairement, tracée à une hauteur suffisante pour ne pas couper les anneaux, se compose alors d'une seule courbe fermée ou de deux courbes fermées, suivant que la cote Y du plan sécant est inférieure ou supérieure à celle $Y'_0$ de O'; à la limite $Y = Y'_0$, elle affecte la forme d'un huit, dont O' est le point double. Les taches centrales de diffraction ont des formes analogues.

Lorsque $x$ est très peu supérieur à 3, le col O' de S est très peu prononcé; par suite, la courbe en huit est très allongée. A mesure que $x$ augmente, le col O' s'abaisse par rapport aux deux sommets $O_1$ et les deux branches du huit s'arrondissent graduellement. Enfin, lorsque $x$ atteint une valeur telle (de l'ordre de 6,5) que $Y'_0/Y_0$ devienne très petit (de l'ordre 0,05), chaque boucle du huit diffère peu d'une circonférence ayant pour centre le centre d'éclairement, de sorte que cette courbe correspond très sensiblement au

contour de la tache centrale résultante, qui, dans l'observation réelle, donne alors l'impression de deux cercles égaux tangents extérieurement.

La tache centrale résultante présente deux points d'éclairement maximum correspondant aux sommets $O_1$ ; cet éclairement est celui qu'on observerait au centre d'une étoile isolée de magnitude

$$M = m - 2,5 \log Y_0.$$

C'est la magnitude *apparente* de chaque composante, dont la distance angulaire *apparente* $\alpha'$ correspond à celle $x'$ des sommets $O_1$. $Y_0$ étant très peu supérieur à 1 pour $x \geqq 3$, M est très peu inférieur à $m$; mais $\alpha/\alpha'$ décroît de 3 à 1, quand $x$ croît de 3 à 3,85 (écartement égal au rayon du premier anneau noir), puis reste égal à 1 pour $x \geqq 3,85$. De là une cause d'erreur possible dans l'évaluation à l'estime de la distance vraie de deux composantes très rapprochées.

## NOMINATIONS.

MM. **H. Le Chatelier**, **A. Béhal**, **G. Bertrand**, **C. Matignon**, **M. Delépine** sont désignés pour représenter l'Académie au *IXe Congrès international de Chimie pure et appliquée*, qui se tiendra à Madrid du 5 au 11 avril 1934.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ministère des Colonies. Gouvernement de la Martinique. *Bulletin annuel du Service météorologique et de l'Observatoire géophysique*. Année 1932. M. Gerbinis, Gouverneur de la Martinique. M. Romer, Ingénieur Météorologiste, Chef du Service.

2° Onze fascicules publiés par l'Association pour l'étude géologique de la Méditerranée Occidentale.

3° *Montserrat. Esquisse physiographique illustrée de la Montagne, avec la bibliographie géologique de l'Espagne*, [publiée] *à l'occasion et à la suite du XIVe Congrès géologique international.*

4° *De quelques méthodes en Morphologie*, par A. MAGNAN et A. SAINTE-LAGUË. (Présenté par M. H. Villat.)

5° D. SIDERSKY. *Aide-mémoire de Chimie appliquée.* (Présenté par M. C. Matignon.)

M. ANDRÉ KLING prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section d'Économie rurale par le décès de MM. *A. Calmette* et *E. Roux*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Une méthode générale de statistique théorique.* Note de Mme **HILDA GEIRINGER**, présentée par M. Émile Borel.

Soient $X_1, X_2, \ldots, X_m$ les résultats d'une série d'épreuves quelconques. On suppose qu'il existe une probabilité $p(x)$ telle que

$$P(x_1, x_2, \ldots, x_m) = p(x_1)p(x_2)\ldots p(x_m) \tag{1}$$

soit la probabilité pour que les résultats $x_1, x_2, \ldots, x_m$ se produisent. Le problème général de la statistique théorique est de décider si cette hypothèse en vue des résultats donnés $X_1, X_2, \ldots, X_m$ est admissible ou non. Pour résoudre ce problème dans le cas se présentant souvent, où $p(x)$ est une fonction de forme connue, mais comprenant $k$ paramètres $\alpha_1, \alpha_2 \ldots, \alpha_k$ inconnus, on peut procéder comme il suit.

Soit $M_\nu$ le moment de l'ordre $\nu$ de la fonction $p(x)$ relatif au point arbitraire

$$\mathfrak{M}_\nu = \sum_x (x - b_\nu)^\nu p(x) \qquad (\nu = 1, 2, \ldots). \tag{a}$$

Les $M_\nu$ seront, en général, des fonctions des $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k$. En éliminant les $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k$ parmi les expressions qui déterminent $M_1, M_2, \ldots, M_{k+1}$, nous trouvons une équation

$$G(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2, \ldots, \mathfrak{M}_{k+1}) = 0 \tag{2}$$

qui ne comprend plus les paramètres $\alpha_k$. On peut considérer (2) comme la relation caractéristique pour toutes les lois de probabilité de la forme $p(x)$. Soit d'ailleurs

$$M_\nu = \frac{1}{m} \sum_{\mu=1}^{m} (x_\mu - b_\nu)^\nu$$

le moment d'ordre $\nu$ d'une série de résultats des $m$ épreuves (moment dit « empirique »). Comme les $M_\nu$ sont des fonctions de $x_1, x_2, \ldots, x_m$, il existe une « espérance mathématique » pour chaque $M_\nu$ et aussi pour une fonction quelconque

$$(3) \qquad F(M_1, M_2, \ldots).$$

Pour certains F l'espérance mathématique s'exprimera en termes des $M_1$, $M_2, \ldots, M_{k+1}$. Il s'agit de trouver une fonction $F(M_1, M_2, \ldots)$, telle que son espérance mathématique soit égale à G, c'est-à-dire que

$$(4) \qquad E[F(M_1, M_2, \ldots)] \equiv \Sigma \ldots \Sigma F(M_1, M_2, \ldots) P(x_1, x_2, \ldots, x_m) = G(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2, \ldots, \mathfrak{M}_{k+1}).$$

Au cas où G est un polynome, la recherche de F est effectuée par un procédé exact; dans les autres cas, il faut se servir des méthodes approchées (asymptotiques pour $m$ infini). La fonction F une fois trouvée, on détermine sa déviation ou l'espérance mathématique de $[F - E(F)]^2$, qui s'exprime elle aussi en termes des $\mathfrak{M}_\nu$

$$(5) \qquad E\{[F - E(F)]^2\} = H(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2, \ldots).$$

Enfin, pour répondre à la question posée, nous cherchons les valeurs $\overline{M}_\nu$ que prennent les $M_\nu$ quand on substitue dans ($b$) les $X_\mu$ pour les $x_\mu$. Posons

$$\overline{F} = F(\overline{M}_1, \overline{M}_2, \ldots), \qquad \overline{H} = H(\overline{M}_1, \overline{M}_2, \ldots).$$

*On décidera que l'hypothèse est admissible si* $\overline{F}$ *s'approche de zéro à une valeur de l'ordre* $\pm\sqrt{\overline{H}}$ *près.*

Prenons comme exemple le cas de la théorie de Lexis, où l'on admet la loi de probabilité

$$(6) \qquad p(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} q^k (1-q)^{n-x}$$

à un seul paramètre $q$. Nous trouvons avec $b_1 = 0$, $b_2 = M_1$, en éliminant $q$ des deux équations $M_1 = nq$, $M_2 = nq(1-q)$, la relation caractéristique de (6)

$$G(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2) = \mathfrak{M}_2 - \mathfrak{M}_1 + \frac{1}{n}\mathfrak{M}_1^2 = 0.$$

La fonction F, dont G est l'espérance mathématique, est

$$F(M_1, M_2) = \frac{m}{m-1} M_2 - \frac{mn}{mn-1} M_1 \left(1 - \frac{M_1}{n}\right)$$

et pour H on a une expression connue en $M_1, \ldots, M_4$. On déclarera l'hypothèse vérifiée si $m/m-1.M_2$ ne diffère de $nm/nm-1.M_1.(1-M_1/n)$ que d'une valeur assez petite comparable à $\pm\sqrt{H}$. Ainsi le résultat classique de Lexis est retrouvé, mais la méthode générale, développée plus haut, s'applique à bien d'autres cas aussi.

GÉOMÉTRIE. — *La théorie générale des correspondances entre deux surfaces algébriques.* Note (¹) de M. **Francesco Severi.**

1. J'ai développé récemment (1932-33) la théorie des systèmes d'équivalences sur les variétés algébriques et des correspondances à valence sur les surfaces. Une série d'équivalence sur une surface F est l'ensemble des groupes de niveau de deux fonctions rationnelles du point de F ou d'une fonction rationnelle du point d'une courbe de F ou des groupes donnés par une combinaison linéaire de groupes de ces espèces. Analoguement on définit un système d'équivalence de variétés $V_k$ dans une $W_r$ au moyen de $r-k$ fonctions rationnelles du point de $W_r$; de $r-k-1$ fonctions rationnelles du point d'une $V_{r-1}$ de $W_r$, etc.

En poursuivant mes recherches, j'ai construit la théorie générale des correspondances entre deux surfaces F, F′. Soient $x$, $x'$ deux points variables sur F, F′ et W la variété algébrique produit (topologique) de F, F′. Il faut d'abord considérer les correspondances dégénérées entre F, F′, contenant $\infty^2$ couples $x$, $x'$. Elles sont de trois espèces : 1° celles qui ont $x$ (ou $x'$) variable sur F (ou F′) et $x'$ sur une courbe de F′ (ou F); 2° celles qui résultent des produits d'une courbe de F et d'une courbe de F′ et des combinaisons linéaires (à coefficients entiers, positifs ou négatifs) de ces produits; 3° celles par lesquelles $x$ (ou $x'$) est variable sur F (ou F′) et $x'$ (ou $x$) est fixé sur F′ (ou F).

Une correspondance $\infty^2$, T, entre F, F′ est *à valence nulle*, lorsque le groupe X′ de points de F′ correspondant à $x$ variable sur F, se meut dans une série d'équivalence. La correspondance inverse $T^{-1}$ est alors, elle-même, à valence nulle.

*Toute correspondance (effective ou virtuelle) à valence nulle*, T, *entre* F, F′, *appartient sur* W *à un système d'équivalence défini par une combinaison linéaire de correspondances de deuxième et de troisième espèce; et vice versa.*

(¹) Séance du 15 janvier 1934.

*On a précisément*

$$\text{(1)}\qquad T \equiv X \times F' + X' \times F + S,$$

où S est une correspondance de deuxième espèce définie à une équivalence près. Je l'appelle la correspondance de deuxième espèce *associée* à T.

Si $F = F'$, le groupe virtuel $(S, \Omega)$ des points communs à S et à la correspondance identique $\Omega$ est ce que j'appelle le *groupe associé* à T. Le nombre $\delta = [S, \Omega]$ est le *rang* de T et je donne le moyen de le calculer soit directement, soit au moyen des bases des courbes de F, F'. En coupant (1) par $\Omega$, on obtient *l'expression fonctionnelle du principe de correspondance pour les* T *à valence nulle*, dont le principe de correspondance est la traduction numérative.

Une correspondance $\infty^2$, T, entre F, F' ($F = F'$) est *à valence* $\gamma$ ($\gamma$ entier, positive ou négative) lorsque $T + \gamma\Omega$ est à valence nulle. On a par conséquent

$$(T, \Omega) \equiv X + X' + 2\gamma x + (S, \Omega) - \gamma(\Omega, \Omega),$$

où X, X' sont les groupes correspondant à $x$ par rapport à T, $T^{-1}$ et $(\Omega, \Omega)$ est un groupe de la série d'équivalence, que j'ai donnée en 1932 comme un nouvel invariant fonctionnel de la surface, associé à l'invariant numérique I de Zeuthen-Segre.

2. Le théorème plus expressif, qui se rapporte à la théorie générale des correspondances $\infty^2$ entre F, F', est le suivant :

*On peut fixer un nombre fini de correspondances* $T_1, \ldots, T_s$ *entre* F, F', *telles qu'aucune combinaison linéaire de* $T_1, \ldots, T_s$ *à coefficients non tous nuls soit à valence nulle, de façon que pour toute autre correspondance* T *on ait*

$$\text{(2)}\qquad T \equiv X \times F' + X' \times F + \sum_{i=1}^{s} \lambda_i (T_i - X_i \times F' - X'_i \times F) + S,$$

*où* $\lambda_1, \ldots, \lambda_s$ *sont des entiers caractéristiques de* T, S (*ou un multiple convenable de* S) *est une correspondance dégénérée de deuxième espèce associée à* T *et* X, $X_i$; X', $X'_i$ *correspondent aux points* $x$, $x'$ *en* T, $T_i$.

Si $F = F'$, en coupant (2) par $\Omega$, on obtient *l'expression fonctionnelle du principe général de correspondance* et le principe numératif qui s'y rapporte.

3. L'étude des correspondances $\infty^3$ entre F, F' est plus aisé, parce qu'il s'appuye seulement aux systèmes linéaires et continus de courbes de F, F' et aux intégrales simples de Picard attachées aux surfaces. Une T, $\infty^3$, est dite *à valence nulle*, lorsqu'elle fait correspondre à $x$ variable sur F une

courbe X′ qui se meut sur F′ dans un système linéaire. La $T^{-1}$ est alors, elle-même, à valence nulle. Les correspondances dégénérées sont ici seulement les produits d'une courbe de F (ou F′) et de la surface F′ (ou F).

*Toute correspondance* $\infty^3$, T, *à valence nulle, entre* F, F′, *s'exprime sur* W *par une équivalence du type*

$$T \equiv X \times F' + X' \times F. \tag{3}$$

Si $F = F'$, en coupant (3) par Ω, on obtient le principe de correspondance pour T et sa signification fonctionnelle. On arrive enfin à l'expression générale d'une correspondance quelconque $\infty^3$ au moyen des correspondances à valence nulle et de $t$ correspondances, indépendantes de ces dernières, $t$ étant $\leqq 2qq'$, où $q$, $q'$ sont les irrégularités de F, F′.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une généralisation du théorème de Rolle.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

L'objet de la présente Note est d'indiquer la solution du problème suivant : *étant donnés deux points* A *et* B (que nous supposerons sur l'axe $Ox$ aux points d'abscisses o et $l$), *peut-on, sur toute courbe plane continue joignant* A *et* B, *trouver deux points* A′ *et* B′ *tels que la corde* A′B′ *soit parallèle à* AB *et égale à une longueur donnée* $l'$ ?

Nous allons montrer que *la réponse est affirmative si* $l'$ *est sous-multiple de* $l$, *et que dans le cas contraire on peut trouver un arc de courbe* C *pour lequel la corde cherchée* A′B′ *n'existe pas :*

1° Soit C un tel arc; désignons par $C_n$ l'arc déduit de C par une translation parallèle à $Ox$ et de longueur $nl'$. Toutes ces courbes sont dans une région du plan limitée par deux parallèles à $Ox$, et ont au moins un point sur chacune de ces droites; $C_1$, qui par hypothèse n'a aucun point commun avec C, sépare cette région en deux parties extérieures, dont l'une contient $C_1$ et l'autre $C_2$, $C_3$, ..., et une partie intérieure comprenant les points de $C_1$ et peut-être certaines aires. Aucune des courbes $C_n$ ne peut donc contenir le point B de la courbe C. Comme chaque $C_n$ contient le point $A_n$ déduit de A par translation $nl'$ parallèle à $Ox$, aucun de ces points ne coïncide avec B. Donc $l$ n'est pas multiple de $l'$.

Inversement, si $l = nl'$, $C_1$ coupe nécessairement C en au moins un point B′ qui répond à à la question.

La démonstration se simplifie si l'on ne considère que les courbes $y = f(x)$.

En posant $g(x) = f(x + l') - f(x)$, on a

$$g(0) + g(l') + g(2l') + \ldots + g(l - l') = 0,$$

ce qui montre que $g(x)$ ne peut être de signe constant.

2° Supposons maintenant que $l$ ne soit pas multiple de $l'$; désignons par $\varphi(x)$ une fonction périodique, de période $l'$, nulle en A, mais non en B; par exemple $\sin^2 \pi x/l'$. La courbe

$$(1) \qquad y = \varphi(x) - \frac{x}{l}\varphi(l)$$

n'a aucune corde parallèle à $Ox$ de longueur $l'$; en effet toute corde dont la projection sur $Ox$ a pour longueur $l'$ a pour coefficient angulaire $-\varphi(l)/l$. On remarque qu'elle n'a pas non plus de corde horizontale dont la longueur diffère peu de $l'$ ou d'un de ses multiples.

*Extension aux courbes gauches.* — Considérons la formule (1) comme définissant une courbe tracée sur un cylindre de révolution à axe vertical, $x$ étant l'abscisse curviligne en projection horizontale, et $y$ étant la cote; les arcs de circonférence de longueurs $l$ et $l'$ ont des cordes de longueurs $\lambda$ et $\lambda'$, et la courbe considérée n'a aucune corde horizontale de longueur $\lambda'$; en supposant $\lambda$ et $\lambda'$ donnés, et $\lambda' \neq \lambda$, il suffit toujours de modifier d'aussi peu qu'on veut le rayon (initialement fini ou infini) du cylindre pour faire en sorte que $l$ ne soit pas multiple de $l'$, et appliquer le résultat précédent. Donc : *étant donnés deux points* A *et* B *dans le plan horizontal on peut les joindre par une courbe continue, aussi peu différente que l'on veut d'une courbe plane, n'ayant aucune corde horizontale de longueur donnée* $\lambda'$ *différente de la distance* AB.

*Extension aux surfaces.* — La courbe précédente n'a aucune corde très peu différente d'une corde horizontale de longueur $\lambda'$. Le résultat précédent subsiste donc si l'on remplace la courbe par un fil assez mince. Que l'ensemble de points considérés soit constitué par le volume du fil ou par la surface fermée qui le limite, on ne peut pas trouver de corde horizontale et de longueur donnée $\lambda'$ joignant deux points de cet ensemble. Il est remarquable notamment que, *$\lambda$ et $\lambda'$ étant donnés, et sans autre restriction que $\lambda \neq \lambda'$, on puisse toujours trouver une surface fermée sans point double, admettant la corde horizontale* AB *de longueur* $\lambda$, *et n'admettant aucune corde horizontale de longueur* $\lambda'$.

Naturellement, ce résultat ne subsiste pas si l'on impose aux surfaces étudiées certaines restrictions, par exemple celle de contenir des sections planes permettant d'aller de A à B d'une manière continue.

GÉOMÉTRIE. — *Formules fondamentales dans la théorie des hypersurfaces d'un espace de Finsler.* Note ([1]) de M. **M. Haimovici**, présentée par M. Élie Cartan.

Les espaces à métrique généralisée ont été étudiés géométriquement surtout depuis Finsler ([2]). MM. Berwald ([3]), Synge ([4]), Taylor ([5]) et, récemment, d'une manière nouvelle, M. Cartan ([6]) ont étudié dans ces espaces le déplacement parallèle et ont généralisé de diverses manières le calcul différentiel absolu.

J'ai étudié les hypersurfaces d'un tel espace. J'ai été conduit à introduire un second élément fondamental qui correspondrait à la seconde forme fondamentale de Gauss et j'ai établi les formules fondamentales et les formules de Gauss et de Codazzi. J'ai étudié ensuite certaines propriétés des courbes de l'hypersurface.

I. Soit l'hypersurface donnée par les équations

$$y^{\alpha}=y^{\alpha}(x^{i}) \qquad (\alpha=1, 2, \ldots, n+1;\ i=1, 2, \ldots, n).$$

Nous emploierons les notations de la Note citée de M. Cartan ([6]) sauf que pour l'espace environnant nous adopterons des indices grecs et pour l'hypersurface des indices latins.

Définissons le vecteur unitaire normal à l'hypersurface dans l'élément $(x^{i}, \dot{x}^{i})$ comme un vecteur $\xi^{\alpha}$ qui satisfait aux relations

$$g_{\alpha\beta}(x^{i}, \dot{x}^{i})\,y^{\beta}_{/i}\xi^{\alpha}=0, \qquad g_{\alpha\beta}(x^{i}, \dot{x}^{i})\,\xi^{\alpha}\xi^{\beta}=1\ (^{7}).$$

Évidemment, $\xi^{\alpha}$ dépend, outre que de $x^{i}$, encore de $\dot{x}^{i}$. Nous aurons pour le tenseur $g_{ij}$ de l'hypersurface, l'expression

$$g_{ij}=g_{\alpha\beta}\,y^{\alpha}_{/i}\,y^{\beta}_{/j}.$$

---

([1]) Séance du 22 janvier 1934.

([2]) *Ueber Kurven und Flächen in allgemeinen Räumen* (*Diss. Göttingen*, 1918).

([3]) *Mathematische Zeitschrift*, **25**, 1926, p. 40.

([4]) *Trans. of the Amer. Math. Soc.*, **27**, 1925, p. 61.

([5]) *Trans. of the Amer. Math. Soc.*, **27**, 1925, p. 246.

([6]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 582.

([7]) Toutes les fonctions des éléments de l'espace sont prises pour des éléments de l'hypersurface.

Définissons le second élément fondamental V de l'hypersurface par la relation

$$\Omega = \frac{1}{2} V^2$$

ou

$$\Omega = \frac{1}{2} g_{\alpha\beta} \xi^\alpha y^\beta_{|i|j} \dot{x}^i \dot{x}^j + G_\alpha \xi^\alpha.$$

2. Cela posé, les formules fondamentales de la théorie des hypersurfaces sont

$$y^\alpha_{|i|j} = y^\alpha_{|m} \Gamma^{*m}_{kj;i} \dot{x}^k - G^\alpha_{;\beta;\gamma} y^\beta_{|i} y^\gamma_{|j} + (\Omega\xi^\alpha)_{;i;j},$$
$$\xi^\alpha_{;i} = -2 C^\alpha_{\beta\gamma} y^\beta_{|i} \xi^\gamma + \varphi_i \xi^\alpha,$$
$$\xi^\alpha_{|i} = -\Gamma^{*\alpha}_{\beta\gamma} y^\beta_{|i} \xi^\gamma - \Omega_{;i} C^\alpha_{\beta\gamma} \xi^\beta \xi^\gamma - \Omega C^\alpha_{\beta\gamma} \xi^\beta \xi^\gamma_{;i} + A^k_i y^\alpha_{|k}.$$

$$\varphi_i = C_{\alpha\beta\gamma} y^\alpha_{|i} \xi^\beta \xi^\gamma,$$
$$g_{jk} A^k_i = g_{\delta\beta} P^\delta_{\alpha\lambda\gamma} l^\lambda y^\alpha_{|i} y^\gamma_{|j} \xi^\beta + \Omega [C_{\alpha\beta\gamma\delta} - 2 C_{\alpha\gamma\lambda} C^\lambda_{\beta\delta}] \xi^\alpha \xi^\beta y^\gamma_{|i} y^\delta_{|j} + \Omega_{;i} \varphi_j - \Omega_{;i;j}.$$

3. On obtient des formules équivalentes aux conditions d'intégrabilité en dérivant deux fois, par rapport à $\dot{x}^i$, $\dot{x}^j$, les équations

$$(\Omega_{;i;j|k} - \Omega_{;i;k|j}) \dot{x}^i \dot{x}^j + \varphi_k \Omega_{;i;j|l} \dot{x}^i \dot{x}^j \dot{x}^l + \Omega\Omega_{;k} C_{\alpha\beta\gamma} \xi^\alpha \xi^\beta \xi^\gamma$$
$$+ 3\Omega g_{\beta\lambda} P^\lambda_{0\alpha\gamma} y^\gamma_{|k} \xi^\alpha \xi^\beta + 2\Omega^2 (C_{\alpha\beta\gamma;\delta} - 3 C_{\alpha\gamma\lambda} C^\lambda_{\beta\delta}) y^\delta_{|k} \xi^\alpha \xi^\beta \xi^\gamma$$
$$+ \Omega^2 \varphi_k C_{\alpha\beta\gamma} \xi^\alpha \xi^\beta \xi^\gamma + R_{\alpha\beta\gamma\delta} y^\alpha_{|i} y^\gamma_{|j} y^\delta_{|k} \xi^\beta \dot{x}^i \dot{x}^j = 0;$$

$$R_{il/k} \dot{x}^i \dot{x}^j = \Omega_{;l} \Omega_{;i;k} - 2\Omega\Omega_{;l;k} + 2\Omega_{;i;j|m} \dot{x}^i \dot{x}^j \dot{x}^m G_{\alpha\beta\gamma} y^\alpha_{|l} y^\beta_{|k} \xi^\gamma + 3\Omega\Omega_{;l} \varphi_k$$
$$+ 3\Omega\Omega_{;k} \varphi_l - 2 C_{jlk} \Omega\Omega_{;i} g^{ij} - 3\Omega [g_{\delta\alpha} P^\delta_{0\beta\gamma} + g_{\delta\beta} P^\delta_{0\alpha\gamma}] y^\alpha_{|l} y^\gamma_{|k} \xi^\beta$$
$$+ 2\Omega^2 [C_{\alpha\beta\gamma;\delta} y^\alpha_{|l} y^\beta_{|k} \xi^\gamma \xi^\delta] + 2\varphi_{k;l} + \frac{1}{\mathcal{F}} S_{\alpha\beta\gamma\delta} y^\delta_{|l} y^\beta_{|k} \xi^\alpha \xi^\gamma$$
$$- 5\varphi_l \varphi_k - 2 C_{ikl} g^{ij} \varphi_j + R_{\alpha\beta\gamma\delta} y^\alpha_{|i} y^\beta_{|l} y^\gamma_{|j} y^\delta_{|k} \dot{x}^i \dot{x}^j.$$

4. La courbure normale d'une courbe de l'hypersurface (1) est

$$\frac{1}{R} = \frac{\Omega}{\mathcal{F}}.$$

Les courbes données par l'équation $\Omega = 0$ sont les asymptotiques de l'hypersurface (2).

(1) Finsler, *loc. cit.*, p. 83.
(2) Finsler, *loc. cit.*, p. 88.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions d'une classe assez générale d'équations intégrales singulières.* Note (1) de M. **Robert Gibrat.**

1. Nous avons montré (2) comment on pouvait résoudre, sous des hypothèses assez larges, l'équation intégrale singulière et toutes celles qui s'y ramènent :

$$f(x)=\int_{-\infty}^{+\infty} j(l)\,k(x-l)\,dl. \tag{1}$$

Nous voulons préciser ici la nature des solutions en étudiant les solutions des noyaux particuliers rencontrés dans nos études sur la corrosion.

2. Pour le premier noyau, nous avions trouvé

$$\frac{1}{\lambda(k)}=2K_0\left(k\sqrt{y^2+z^2}\right)-K_0\left[k\sqrt{(y+d)^2+z^2}\right]-K_0\left[k\sqrt{(y-d)^2+z^2}\right]$$

$\lambda(k)$ croît exponentiellement quand $k$ augmente indéfiniment. Par suite, on ne peut appliquer brutalement la formule (4) de la Note précédente, puisque $\varphi(x)$ n'a de sens pour aucune valeur de la variable. En limitant le spectre continu de $f(x)$ à une bande de fréquence $-K, +K$, on obtient une série de fonctions dépendant d'un paramètre K,

$$f_K(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-K}^{+K} e^{ikx} g(k)\,dk,$$

qui tendent vers $f(x)$ quand K croît indéfiniment; d'une manière précise, on peut choisir un nombre $K_0$ tel que pour $K > K_0$ l'intégrale

$$\int_{-\infty}^{+\infty} [f(x)-f_K(x)]^2\,dx$$

soit plus petite qu'un nombre donné $\varepsilon$. Il suffit, pour cela, que $\int_{-\infty}^{+\infty} f^2(x)\,dx$ ait un sens.

A chaque fonction $f_K(x)$ on peut faire correspondre une solution $j_K(l)$

---

(1) Séance du 26 décembre 1933.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1571. M. V. A. Kostitzin a eu depuis l'amabilité de nous faire remarquer que nous avions été devancés sur plusieurs points par Noether (*Wiss. Weröff. Siemens-Konz.*, 6, 1927, Cahier 1, p. 1) et Patrick Browne (*Sur un problème d'inversion posé par Abel*, Thèse, Paris, 1913).

de l'équation intégrale correspondante

$$j_{\mathrm{K}}(l)=\int_{+\infty}^{+\infty} f_{\mathrm{K}}(x)\,\varphi_{\mathrm{K}}(l-x)\,dx$$

avec

$$\varphi_{\mathrm{K}}(x)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\mathrm{K}}^{+\mathrm{K}} e^{ikx}\,\lambda(k)\,dk,$$

$\varphi_{\mathrm{K}}(x)$ est maintenant, en effet, fini, continu, dérivable, etc. Cependant, la suite des fonctions $j_{\mathrm{K}}(l)$ ne converge, en général, vers aucune limite et le procédé de limitation à une bande de fréquences ne peut conduire, en pratique, qu'à de grossières erreurs. On peut montrer, en particulier, qu'il faut et il suffit, pour rendre le processus valable, que $|\lambda(k)\,g(k)|$ tende vers zéro, en décroissant constamment quand $k$ augmente indéfiniment. Or, dans le problème de la corrosion, on est toujours dans le cas où la fonction $j(l)$ est nulle identiquement, sauf sur un intervalle fini de la variable, c'est-à-dire que $\lambda(k)\,g(k)$ tend vers une valeur constante différente de zéro. On peut montrer alors qu'en introduisant, par une sorte de sommation de Fejer, l'intégrale de $j_{\mathrm{K}}(l)$ le processus devient convergent.

A la suite des fonctions $f_{\mathrm{K}}(x)$ correspondra celle des fonctions $\mathrm{F}_{\mathrm{K}}(l)$ telles que

$$\mathrm{F}_{\mathrm{K}}(l)=\int_{-\infty}^{+\infty} f_{\mathrm{K}}(x)\,\psi_{\mathrm{K}}(l-x)\,dx$$

avec

$$\psi_{\mathrm{K}}(l-x)=\frac{1}{2\pi i}\int_{-\mathrm{K}}^{+\mathrm{K}} \frac{e^{ikx}}{k}\,\lambda(k)\,dk$$

et

$$\int_{b}^{a} j_{\mathrm{K}}(l)\,dl=\mathrm{F}_{\mathrm{K}}(b)-\mathrm{F}_{\mathrm{K}}(a).$$

La suite des fonctions $\mathrm{F}_{\mathrm{K}}(l)$ tend alors, quand K augmente indéfiniment, vers une fonction $\mathrm{F}(l)$ parfaitement *définie et continue* et *qui n'a de dérivée en aucun point*. C'est, croyons-nous, la première fois que l'on trouve une telle fonction, en quelque sorte expérimentalement, puisque poussé par la nécessité d'interpréter des résultats numériques.

3. Le second noyau nous a conduits à

$$\frac{1}{\lambda_2(k)}=2(1-\cos kd)\,\mathrm{K}_0\left(k\sqrt{y^2+z^2}\right).$$

On retrouve, pour $\lambda_2(k)$, le même pôle pour $k$ infini que précédemment.

Mais nous avons ici, de plus, la suite des pôles

$$k = 0, \quad \pm\frac{2\pi}{d}, \quad \pm\frac{4\pi}{d}, \quad \ldots, \quad \pm\frac{2n\pi}{d} \quad (n = 0, 1, 2, \ldots, \infty).$$

Ces pôles sont dus au fait qu'une solution de l'équation intégrale reste encore solution si on lui ajoute une fonction quelconque de la forme

$$f(l) = \sum_{-\infty}^{+\infty} A_n e^{2\pi i n \frac{l}{d}},$$

c'est-à-dire une fonction périodique quelconque de période $d$.

Enfin, le pôle $k=0$ est double, d'où la possibilité d'ajouter encore à la solution une fonction linéaire de $l$. On se débarrassera de tous ces pôles et l'on rendra les processus convergents en considérant, non plus $j(l)$, mais sa différence seconde

$$\delta j(l) = j(l) - \frac{j(l+d) + j(l-d)}{2}.$$

L'ensemble de ces pôles à distance finie a donc pour conséquence que la fonction n'est définie qu'à la superposition d'une fonction linéaire et d'une fonction périodique de période donnée près.

4. Les résultats précédents éclairent d'une lumière assez vive les différentes particularités qui peuvent se présenter dans la solution de l'équation intégrale de première espèce. Il suffit, dans le cas des noyaux $k(x-l)$, d'étudier les singularités de la fonction $\lambda(k)$. On généralise, en particulier, sans difficulté, au cas où les pôles à distance finie de $\lambda(k)$ sont répartis de manière quelconque.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de représentation conforme posé par la théorie de Helmholtz.* Note de MM. **Jean Leray** et **Alexandre Weinstein**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons le mouvement plan suivant : un jet liquide jaillissant hors de parois données, symétriques et polygonales; il pose un problème de représentation conforme bien distinct de celui dont l'étude est devenue classique :

Problème. — Transformer conformément la bande $0 < \psi < \pi/2$ du plan $f = \varphi + i\psi$ en un domaine D du plan $z = x + iy$, de sorte que soient réalisées les conditions suivantes : D doit être limité par l'axe des $x$, par

une ligne polygonale *donnée* $\varpi$ (de sommets : $z_0 = iy_0$, $z_1 = x_1 + iy_1$, ..., $z_n = x_n + iy_n$, $z_{n+1} = -\infty + iy_n$ ; $y_0 > 0, y_1 > 0, \ldots, y_n > 0$) et par une ligne *non donnée* $\lambda$ qui se détache de $z_0$, le long de laquelle la transformation cherchée multiplie les longueurs par une constante positive inconnue $\mu$ (c'est-à-dire $|dz/df| = \mu$ sur $\lambda$) (¹).

Nous désignerons par $l_k$ la longueur du segment $z_k z_{k-1}$ ($k = 1, \ldots n$) et par $\theta_k$ sa direction ; nous supposerons $\theta_1 \leqq \theta_2 \leqq \ldots \leqq \theta_n \leqq \theta_{n+1} = 0$, nous poserons $\pi\beta_k = \theta_{k+1} - \theta_k$ et nous nommerons « courbure totale » de $\varpi$ la quantité $\pi \sum_{k=1}^{n} \beta_k = -\theta_1$.

La formule bien connue de Schwarz-Villat (²) permet d'affirmer que toute solution éventuelle du problème, $z(f)$, est donnée par une formule de M. Cisotti [*loc. cit.* (²)], laquelle exprime tous les éléments de la solution au moyen de $n+1$ paramètres. D'après cette formule le problème ci-dessus se réduit à la résolution, par rapport aux $n+1$ paramètres $\mu, \sigma_1, \ldots, \sigma_n$ ($\mu > 0$ ; $0 < \sigma_1 < \ldots < \sigma_n < \pi/2$) des $n+1$ équations

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} y_0 &= \mu\pi\left(1 - \frac{\mu\pi}{y_n}\right) + \mu \sum_{k=1}^{n} \sin\theta_k \int_{\sigma_{k-1}}^{\sigma_k} \prod_{h=k}^{n} \left| \frac{\sin\sigma_h - \sin\sigma}{\sin\sigma_h + \sin\sigma} \right|^{\beta_h} \operatorname{tang}\sigma \, d\sigma, \\ l_k &= \mu \int_{\sigma_{k-1}}^{\sigma_k} \prod_{h=1}^{n} \left| \frac{\sin\sigma_h + \sin\sigma}{\sin\sigma_h - \sin\sigma} \right|^{\beta_h} \operatorname{tang}\sigma \, d\sigma \qquad (k = 1, \ldots, n ; \sigma_0 = 0). \end{aligned} \right.$$

Cette question ne fut étudiée jusqu'à présent que dans le cas où la courbure totale de $\varpi$ est inférieure à $\pi/2$ (³). Un travail important de M. Friedrichs (⁴) nous permet de donner une extension considérable de cette théorie : les résultats ci-dessous (⁵) valent pour toutes les lignes $\varpi$ de courbure totale inférieure à $\pi$.

I. Théorème 1 (*unicité locale*). — *Le déterminant*

$$\frac{D(y_0, l_1, \ldots, l_n)}{D(\mu, \sigma_1, \ldots, \sigma_n)}$$

*n'est jamais nul quand* $\mu > 0$, $0 < \sigma_1 < \ldots < \sigma_n < \pi/2$.

---

(¹) Nous ferons correspondre aux points $f = -\infty$, $i\pi/2$, $+\infty$ les points $z = -\infty$, $z_0$, $+\infty$ et nous admettrons que $dz/df$ tend vers des valeurs réelles pour $f = \pm\infty$.

(²) H. Villat, *Leçons sur l'Hydrodynamique*, p. 11 (Gauthier-Villars, 1929) ; U. Cisotti, *Idromeccanica piana*, 1, 1921, p. 18 ; 2, 1921, p. 254.

(³) A. Weinstein, *Math. Zeitschrift*, 31, 1929, p. 424.

(⁴) K. Friedrichs, *Ueber ein Minimumproblem* (*Math. Annalen*, 109, 1933, p. 601).

(⁵) Les démonstrations seront développées dans un Mémoire ultérieur.

Cette proposition a été ramenée ([1]) à la proposition auxiliaire suivante, indépendamment de toute hypothèse concernant la valeur de la courbure totale :

II. Théorème 2 (*unicité locale au sens restreint*). — *Il ne peut exister deux solutions infiniment voisines de notre problème qui correspondent à une même valeur de* $\mu$.

La démonstration de ce théorème pour les courbures totales inférieures à $\pi$ se déduit immédiatement de l'Appendice II du Mémoire de M. Friedrichs.

III. Les quantités $\mu$, $\pi/2-\sigma_n$, $\sigma_1$, $\sigma_{k+1}-\sigma_k (k=1, \ldots, n-1)$ possèdent des *bornes inférieures et supérieures* positives, fonctions continues de la courbure totale et des données : $y_0, l_1, \ldots, l_n$.

IV. Théorème d'existence. — *La méthode de continuité classique déduit de* I *et* III *que le problème posé admet au moins une solution.*

V. *Unicité absolue.* — Appliquons la méthode de continuité en faisant varier les quantités $\beta_1, \ldots, \beta_n$; considérons-les à cet effet comme étant $n$ nouveaux paramètres et $n$ nouvelles inconnues; et adjoignons aux équations (1) les suivantes : $\beta_k = \beta_k\ (k=1, \ldots, n)$. Nous avons, d'après I,

$$\frac{D(y_0, l_1, \ldots, l_n; \beta_1, \ldots, \beta_n)}{D(\mu, \sigma_1, \ldots, \sigma_n; \beta_1, \ldots, \beta_n)} \neq 0.$$

D'autre part l'unicité de la solution est assurée pour $\beta_1 = \ldots = \beta_n = 0$. Donc le problème étudié possède *une et une seule solution.*

*Compléments.* — Les théorèmes topologiques de M. Brouwer permettent de baser le théorème d'existence IV seulement sur les propriétés III et sur le fait que l'unicité est évidente pour $\beta_1 = \ldots = \beta_n = 0$. Le cas des parois courbes et non plus polygonales pose un autre problème dont l'inconnue est une fonction et non plus le système des $n+1$ nombres $\mu, \sigma_1, \ldots, \sigma_n$. Une extension récente des théories de M. Brouwer au domaine fonctionnel ([2]) permettra à l'un de nous d'appliquer la méthode de continuité à cet autre problème; en même temps sera indiquée une nouvelle réduction de I à II.

---

([1]) A. Weinstein, *Rend. d. Accad. d. Lincei*, 5, série 6a, 1927, p. 157.

([2]) J. Leray et J. Schauder, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 115.

CALCUL GRAPHOMÉCANIQUE. — *Sur de nouveaux intégraphes et différenciateurs.* Note de M. **Paul Boisseau**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

En poursuivant nos recherches [1] sur l'intégration mécanique, nous avons établi le principe suivant pour la construction de nouveaux intégraphes et différenciateurs :

Les courbes, lieux des points des tangentes et des normales à une courbe plane quelconque, d'où l'on voit les rayons vecteurs issus d'un pôle fixe sous des angles constants, sont telles que la première est semblable à la courbe intégrale de l'autre.

Prenant le pôle pour origine et une direction quelconque du plan pour axe polaire et désignant par $(\rho_1, \theta_1)$ les coordonnées du point d'une tangente d'où l'on voit le rayon vecteur $\rho_M$ de la courbe $(\rho_M, \theta_M)$ sous l'angle $\beta$ et par $(\rho_2, \theta_2)$ celles du point de la normale d'où ce rayon vecteur $\rho_M$ est vu sous l'angle $\alpha$, nous aurons les relations

$$\rho_2 = \frac{d\rho_1}{d\theta_1}\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}, \qquad \rho_M = \sin\beta\sqrt{\rho_1^2 + \left(\frac{d\rho_1}{d\theta_1}\right)^2},$$

$$\theta_2 = \frac{\pi}{2} + \alpha - \beta + \theta_1, \qquad \theta_M = \frac{\pi}{2} - \beta + \theta_1 + \text{arc tang}\frac{\frac{d\rho_1}{d\theta_1}}{\rho_1}.$$

Un cas particulier intéressant, en dehors de celui où $\alpha = \beta = \pi/2$, se présente lorsque $\alpha = \pi/2 + \beta$. Il donne lieu à un corollaire que l'on peut énoncer ainsi :

*Un faisceau de droites d'inclinaison constante sur les tangentes d'une courbe plane quelconque détermine par ses points d'intersection avec ces tangentes d'une part, avec les normales de l'autre, des couples de courbes dont la première est semblable à la courbe intégrale de l'autre.*

Nous indiquerons quelques propriétés des trois courbes

$$C_1(\rho_1, \theta_1), \quad C_2(\rho_2, \theta_2) \quad \text{et} \quad C_M(\rho_M, \theta_M) :$$

1° Les aires comprises entre ces courbes et deux rayons vecteurs correspondant aux angles $\theta_1$ et $\theta_1'$ sont liées entre elles par la relation

$$\text{aire}\,C = \sin^2\beta\left(\text{aire}\,C_1 - \frac{\text{aire}\,C_2}{\sin^2\alpha} + \frac{1}{2}\left[\rho_1\frac{d\rho_1}{d\theta_1}\right]_{\theta_1}^{\theta_1'}\right),$$

---

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1863.

d'où découle, pour $\alpha = \beta = \pi/2$, la propriété connue des podaires fermées :

$$\text{aire}\, C = \text{aire}\, C_1 - \text{aire}\, C_2.$$

2° La longueur d'un arc $s_M$ de la courbe C s'exprime en fonction des coordonnées de la courbe $C_1$ par la relation

$$\frac{s_M}{\sin\beta} = \left[\frac{d\rho_1}{d\theta_1}\right]_{\theta_1}^{\theta_1} + \int_{\theta_1}^{\theta_1} \rho_1\, d\theta_1$$

3° Les angles formés par les rayons vecteurs et les tangentes en deux points correspondants des courbes C et $C_1$ sont égaux.

Les intégraphes et différenciateurs que nous avons fondés sur ces principes sont constitués par des glissières orientables, pivotant autour d'un axe fixe, sur lesquelles se déplacent deux chariots portant deux tiges perpendiculaires l'une à l'autre. En leur point de rencontre est fixée une roulette-guide dans la direction de l'une d'entre elles. Lorsque le style fixé à l'un des chariots suit une courbe donnée $C_2$, le traçoir, commandé par l'autre, décrit une courbe semblable à l'intégrale de $C_2$ et inversement.

En complétant ces intégraphes par l'addition d'autres tiges se déplaçant suivant une loi cinématique déterminée $f(\rho_1, d\rho_1/d\theta_1, \theta_1) = 0$, on obtient des intégrateurs composés capables de tracer les courbes intégrales de certaines équations différentielles, telles que les équations linéaires du premier ordre et les équations de la forme générale $\varphi(d\rho_1/d\theta_1, V_1) = 0$.

Enfin ces intégrateurs peuvent fonctionner comme analyseurs harmoniques en permettant de détérminer les coefficients successifs des séries de Fourier.

Des modifications peuvent être apportées aux appareils en vue de les simplifier lorsqu'il s'agit de résoudre un problème particulier. Ainsi les deux chariots sont reliés par une seule tige de longueur variable guidée par une roulette fixée en son milieu dans le cas où l'on ne tient pas à tracer la courbe $C(\rho_M, \theta_M)$ à grande échelle.

Nous ferons connaître dans un autre Recueil les applications pratiques et les détails de construction de ces appareils.

ÉLASTICITÉ. — *Plaques minces chargées et comprimées.* Note [1] de M. **P. Sonier.**

Considérons qu'une plaque chargée subit en outre une compression constante, N par unité de longueur, dans toute section perpendiculaire à $Ox$ et également une compression constante, N' par unité de longueur, dans toute section perpendiculaire à $Oy$ (coordonnées rectangulaires). La résultante de ces efforts sur un élément de la plaque présente une composante normale à la plaque du fait de la courbure élastique prise par celle-ci. Au point de vue de la flexion, tout se passe comme si la charge $p(x, y)$ par unité de surface était augmentée des quantités $-N d^2w/dx^2$ et $-N' d^2w/dy^2$. L'équation différentielle du déplacement élastique, $w$, normal à la plaque, devient ainsi

$$\frac{EI}{1-\eta^2}\Delta\Delta w = p(x, y) - N\frac{d^2w}{dx^2} - N'\frac{d^2w}{dy^2}. \tag{1}$$

Ces termes en N et N' ne sont pas un obstacle à l'emploi de méthodes d'intégration du même genre que celles déjà utilisées pour les cas courants de plaques rectangulaires.

Dans le cas de Navier, par exemple (quatre bords appuyés $x=0$, $x=a$, $y=0$, $y=b$), la fonction de charge étant développée sous la forme

$$p(x, y) = \sum_m \sum_n K_{m,n} \sin\frac{m\pi x}{a} \sin\frac{n\pi y}{b},$$

on a la solution générale

$$w = \frac{1}{\pi^2}\sum_m \sum_n \frac{K_{m,n}\sin\frac{m\pi x}{a}\sin\frac{n\pi y}{b}}{\frac{\pi^2 EI}{1-\eta^2}\left(\frac{m^2}{a^2}+\frac{n^2}{b^2}\right)^2 - N\frac{m^2}{a^2} - N'\frac{n^2}{b^2}};$$

on saurait d'ailleurs transformer la série double en série simple dans les applications.

Mais le principal intérêt de cette théorie est de révéler les conditions de flambement des plaques.

On voit en effet que $w$ augmente au delà de toute limite, dans le cas ci-dessus, quand, par exemple N' étant nul, N croît vers

$$\frac{\pi^2 EI}{(1-\eta^2)b^2}\left(\frac{mb}{a} + n^2\frac{a}{mb}\right)^2,$$

(1) Séance du 8 janvier 1934.

et la plus petite valeur de cette expression s'obtient en prenant $n=1$ et en choisissant $m$ de façon à avoir

$$m^2-m \leqq \frac{a^2}{b^2} \leqq m^2+m.$$

Si $a$ contient un nombre entier de fois $b$, le flambement se produit par ondes de demi-longueur égale à $a$ et la compression qui le provoque est

$$N=\frac{4\pi^2 EI}{(1-\eta^2)b^2}.$$

La question se complique un peu pour d'autres conditions aux limites sur les bords $y=0$ et $y=b$. Il faut alors recourir à une méthode semblable à celle que créa Maurice Levy pour les plaques simplement chargées : cherchons à vérifier l'équation (1) par une fonction de la forme

$$w_\alpha=\varphi(y)\sin\alpha x,$$

pour une charge $p(x,y)=p_\alpha \sin\alpha x$. Nous obtenons $\varphi(y)$ en intégrant une équation différentielle linéaire du quatrième ordre; en posant $k=1-\eta^2/2EI\alpha^2$,

$$\varphi(y)=A\,\text{sh}\frac{\beta y}{b}+B\,\text{ch}\frac{\beta y}{b}+C\sin\frac{\gamma y}{b}+D\cos\frac{\gamma y}{b}+\frac{2kp_\alpha}{\alpha^2(1-2kN)},$$

avec

$$\beta=b\alpha\sqrt{1-kN'+\sqrt{2k(N-N')+k^2N'^2}}$$

et

$$\gamma=b\alpha\sqrt{kN'-1+\sqrt{2k(N-N')+k^2N'^2}},$$

A, B, C, D sont des constantes arbitraires qui se détermineront par les quatre équations linéaires fournies par les conditions aux limites.

Il y aura flambement, aussi faible que soit la charge, si le déterminant des coefficients de A, B, C, D dans ces équations est nul pour l'une des valeurs $m\pi/a$ attribuée à $\alpha$.

J'ai appliqué cette méthode au cas du bord $y=0$ fixé et encastré et du bord $y=b$ entièrement libre : dans l'hypothèse $N'=0$, en posant $q=2\beta\gamma/\beta^2-\gamma^2$, la condition de flambement est

$$\frac{(1-2\eta)q^2-\eta^2}{q}\,\text{sh}\beta\sin\gamma+(q^2+2-2\eta+\eta^2)\,\text{ch}\beta\cos\gamma+q^2+2\eta-\eta^2=0.$$

En supposant $\eta=0,25$, le flambement le plus rapide correspond au cas où $a$ est un nombre entier de fois $1,63b$; cette dernière dimension est la

demi-longueur de l'onde de la déformation. La fatigue de compression qui provoque ce phénomène est $N/\varepsilon = 1,166 E \varepsilon^2/b^2$, $\varepsilon$ étant l'épaisseur de la plaque (supposée homogène).

Les constructeurs de ponts métalliques admettent parfois comme limite de l'élancement des âmes flottantes des membrures : $b/\varepsilon = 40$. Cette règle empirique semble dangereuse car, pour $N/\varepsilon = 13^{kg}$ et $E = 21000$, elle n'assure qu'un coefficient de sécurité de 1,18.

HYDRODYNAMIQUE. — *Contribution à l'étude de la vibration d'une tige métallique immergée dans un liquide en régime transitoire.* Note [1] de M. E. **Crausse.**

L'étude des vibrations des cylindres droits à base circulaire immergés dans un liquide en mouvement en régime permanent, a été faite par M. P. Dupin [2]. Pour compléter cette étude, M. Camichel m'a conseillé d'examiner le cas des régimes de vitesse variable afin d'essayer de mettre en évidence l'existence de propriétés analogues à celles des machines possédant des vitesses critiques.

L'obstacle choisi est un cylindre droit à base circulaire en laiton ($D = 2^{mm}$, $L = 295^{mm}$), encastré par son extrémité inférieure, libre à l'autre extrémité et disposé verticalement dans un champ de vecteurs vitesses uniforme. Le liquide utilisé est l'eau ($T = 12^\circ,8$ C.). Dans les conditions de l'expérience, la vibration dans un plan normal à l'écoulement est seul observable. En régime permanent elle commence pour une vitesse $V_1 = 10,7$ cm/sec et cesse lorsque la vitesse dépasse $V_2 = 20,9$ cm/sec. Deux cas ont été envisagés : 1° la vitesse limite est constante et supérieure à $V_2$, la durée d'ouverture du robinet étant essentiellement variable; 2° la vitesse limite est différente dans chacun des cas mais comprise entre $V_1$ et $V_2$, la durée d'ouverture du robinet étant constante.

1° *Durée d'ouverture variable.* — La vitesse limite est, dans chaque cas, de 23,5 cm/sec environ, donc supérieure à la vitesse à partir de laquelle la tige cesse de vibrer en régime permanent. Dans chaque expérience (*fig.* 1) on note la loi de la variation de la vitesse ainsi que celle de l'amplitude du

(1) Séance du 8 janvier 1934.

(2) P. Dupin, *Étude expérimentale sur les tourbillons alternés de Bénard* (*Thèse de doctorat*, 21 juin 1930). Gauthier-Villars, Paris, et Édouard Privat, Toulouse, éditeurs.

mouvement de la tige en fonction du temps. On trouve que, lorsque la durée de l'ouverture du robinet est assez élevée, la tige entre en vibration,

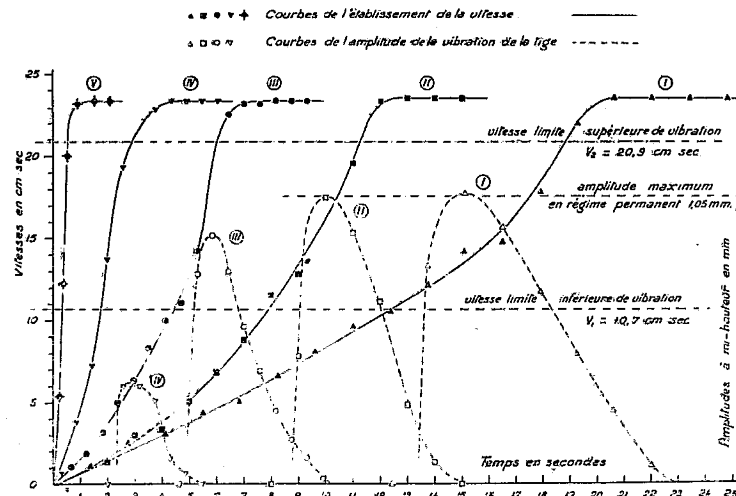



Fig. 1. — Courbes de l'établissement de la vitesse (trait uniforme) et de la variation de l'amplitude du mouvement d'une tige (trait pointillé) pour des durées d'ouverture différentes.

son amplitude croît, passe par un maximum et décroît ensuite plus lentement qu'elle n'a crû. Pour des durées de 20,5 secondes, et 12 secondes, le

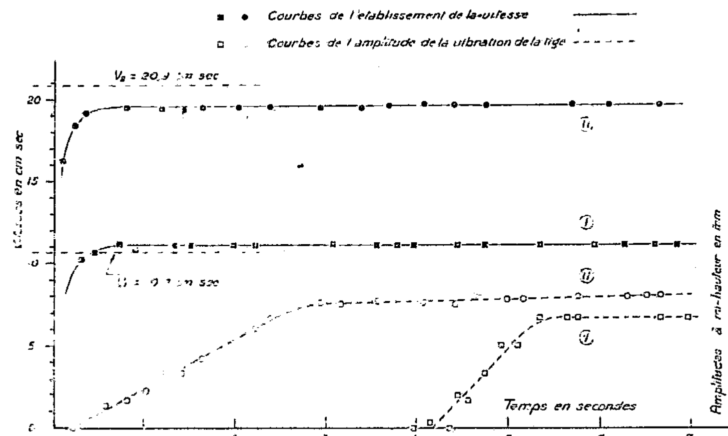



Fig. 2. — Courbes de l'établissement de la vitesse (trait uniforme) et de la variation de l'amplitude du mouvement d'une tige (trait pointillé) pour des vitesses limites différentes.

maximum atteint est égal au maximum de la vibration en régime permanent. Pour des durées plus faibles, soit 7 secondes et 4,5 secondes, la valeur de ce maximum diminue. Enfin, pour une durée plus faible encore

*la tige n'entre plus en vibration;* il y a donc une durée d'établissement de la vitesse au-dessous de laquelle la tige est protégée contre la mise en vibration.

2° *Vitesse limite variable.* — La durée d'ouverture étant dans chaque cas constante et voisine de 1/100e de seconde, deux expériences ont été réalisées. L'une correspond à une vitesse limite de 11,1 cm/sec, c'est-à-dire à peine supérieure à la limite inférieure de la vibration $V_1$; l'autre est caractérisée par une vitesse limite de 19,4 cm/sec, c'est-à-dire très légèrement inférieure à la limite supérieure de vibration $V_2$. On constate (*fig.* 2) que, dans le premier cas, la tige commence à vibrer 4 secondes environ après le début de la mise en vitesse, alors que la vitesse de régime permanent du fluide est atteinte presque immédiatement; dans le second cas, la tige entre au contraire en vibration très peu de temps, environ 1/4 de seconde, après le début de la mise en vitesse.

*Conclusion.* — On peut conclure de ce qui précède qu'il est possible, dans certains cas, d'éviter la mise en vibration d'un corps immergé dans un fluide en mouvement varié en créant une variation suffisamment rapide de la vitesse de ce fluide. Le cas étudié présente quelques analogies avec celui d'une machine possédant des vitesses critiques. Il est susceptible d'applications pratiques, par exemple, lors de la manœuvre des vannes d'un ouvrage renfermant des grilles.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'explication analytique des poches d'air.* Note (¹) de M. C. **Popovici**, présentée par M. Henri Villat.

Nous allons montrer que, dans le mouvement permanent des fluides, *l'équilibre ne peut être stable, à moins que, autour de la position d'équilibre, il ne se forme une* POCHE DE VIDE. En effet, soit $x_i = 0$ $(i = 1, \ldots, n)$ en une telle position et

$$(1)\qquad u_i = \frac{dx_i}{dt} = a_1^i x_1 + \ldots + a_n^i x_n + \text{série convergente en } x_1, \ldots, x_n$$

les équations de ce mouvement. Supposons la densité aussi donnée par une série convergente

$$(2)\qquad \rho = \rho_0 + r_1 x_1 + \ldots + r_n x_n + \ldots.$$

L'équation de continuité nous montre que si $\rho_0 \neq 0$, alors *la somme des*

(¹) Séance du 3 janvier 1934.

*racines de l'équation déterminante du mouvement* (1) :

$$(4)\qquad D = \begin{vmatrix} a_1^1 - \lambda & a_2^1 & \dots & a_n^1 \\ \dots\dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n^1 & a_n^2 & \dots & a_n^n - \lambda \end{vmatrix} = 0.$$

*est nulle*. Soient $\lambda_k = \alpha_k + i\beta_k$ ces racines. D'après les travaux de Poincaré et Liapounoff, nous savons que : *a*. Si les $\alpha_k < 0$ l'origine des coordonnées est une position d'équilibre stable pour $t \to +\infty$. *b*. S'il existe dans le plan des $\lambda$ une droite (de Poincaré) qui, passant par l'origine, laisse d'un seul côté tous les affixes des $\lambda_k$ alors le mouvement est développable en série convergente suivant les puissances des $m_k e^{\lambda_k t}$ (les $m_k$ : constantes qui fixent les conditions initiales).

Faisons maintenant la distinction entre : *stabilité de position et d'équilibre* et *stabilité de la trajectoire* suivant que la distance du mobile à la position d'équilibre ou (si la position d'équilibre est instable ou n'existe pas) à sa trajectoire initiale, est fonction continue des conditions initiales.

Alors, dans notre cas $\rho_0 \neq 0$, il résulte $\Sigma\lambda_k^2 = 0$, donc :

1° L'origine est une position d'équilibre *instable* autant pour $t = +\infty$ que pour $t = -\infty$ [le mobile vient de loin et s'éloigne ([1])].

2° On ne peut rien affirmer, à priori, sur la stabilité de la trajectoire, parce que la droite de Poincaré n'existe pas.

3° Il ne peut exister ni stabilité de la position d'équilibre, ni stabilité des trajectoires que s'il se forme *poche de vide* autour de l'origine ([2]) (condition nécessaire pas suffisante).

4° S'il existe un potentiel de vitesses, l'origine joue le rôle d'un col parce que l'équation $D = 0$ devient séculaire ($a_k^i = a_i^k$) et aura toutes ses racines réelles. Le mouvement est irrotationnel.

Prenons le cas $n = 3$. Il existe pourtant un cas où les trajectoires peuvent être stables avec $\rho_0 \neq 0$. C'est le cas d'une racine $\lambda$ nulle avec deux racines imaginaires conjuguées ([3]).

---

([1]) Ce cas $\rho_0 \neq 0$ nous explique ce phénomène : dans les rivières, même les plus rapides, on observe des régions presque tranquilles, si l'on y regarde une feuille, elle s'approche d'un point par des cercles qui se rétrécissent, comme pour y chercher un repos, puis s'en éloigne — équilibre instable.

([2]) Les aviateurs rencontrent, surtout dans les montagnes, ces poches de vide. Les propositions 1°, 2°, 3° sont vraies aussi pour le régime non permanent (à variation lente) autant que les inégalités sur lesquelles se basent ces propositions : soit $\alpha_k < 0$, soit que la droite de Poincaré existe, ne sont pas renversées.

([3]) J'ai étudié ce cas (voir *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 651).

Faisons maintenant une nouvelle distinction : Il peut exister *stabilité* GÉOMÉTRIQUE *sans stabilité* CINÉMATIQUE. Le mobile peut s'approcher de l'origine, mais : A avec une vitesse qui tend vers zéro et arc fini; B avec une vitesse qui tend vers zéro et arc infini; C avec une vitesse finie ou infinie [1]. Nous donnons ces résultats : Cas A, $\alpha_k < 0$. L'origine sera un foyer. Courbe de Jordan à variation totale finie pour $t \to \infty$. Si $\alpha_k \gtrless 0$, mais que la droite de Poincaré existe, les trajectoires sont stables. Cas B. Doute sur la stabilité. Si $n = 2$, $\lambda_1 = + i\beta$, $\lambda_2 = - i\beta$. Si l'on trouve des presque-cercles $c^2 = x + y^2 + \ldots$ tel que $d(c^2)/dt \leqq 0$, l'origine sera un centre, l'arc sera infini. Si $d(c^2)/dt = 0$ mouvement périodique. Si $d(c^2)/dt < 0$, le mobile s'approche de l'origine par spires. Arc infini, l'ordre de grandeur de $r$ spires sera [2] $r^{1-\frac{1}{2(p-\theta)}}$, $0 < \theta < 1$. Pour $n = 3$ (et plus grand), s'il existe des surfaces presque ellipsoïdales $C^2 = x^2 + y^2 + c^2 z^2 + \ldots$ telles que : 1° soit $d(c^2)/dt = 0$, alors le mobile reste sur la surface, qui ne pourra admettre sur elle, ni foyers, ni centres limites. Le mobile parcourra, soit une trajectoire fermée, périodique, soit une trajectoire genre Peano, sans points multiples, remplissant une aire sur $c^2$ (stabilité à la Poisson); 2° si $dc^2/dt < 0$, le mobile s'approchera de l'origine en parcourant un arc *infini*.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Équations du mouvement d'un neutron.* Note de M. **W. M. Elsasser**, présentée par M. L. de Broglie.

Les 16 opérateurs à quatre lignes et quatre colonnes qui se présentent dans la théorie de l'électron de Dirac peuvent être arrangés en différents groupes d'après leurs propriétés de covariance lors d'une transformation de Lorentz. Rappelons en particulier que les six grandeurs (notation de Dirac)

$$\rho_3 \vec{\sigma}, \quad \rho_2 \vec{\sigma}$$

forment un tenseur antisymétrique, les trois premières étant les composantes spatiales et les trois autres les composantes mixtes [3]. A l'aide de

---

[1] Si la vitesse est finie, l'étude se réduit aux cas A et B en faisant $u_i = u_i(0) + v_i$, $v_i$ s'annulant à l'origine. Si la vitesse est infinie, ce cas ne regarde pas les équations (1), convergentes à l'origine.

[2] $p$ sera le degré en $x$, $y$ auquel s'arrête $c^2$.

[3] L. de Broglie, *L'électron magnétique*, Chap. XIV (Paris, Hermann, 1933).

ces expressions on peut construire l'hamiltonien relativiste d'une particule non chargée, possédant cependant un moment magnétique propre. L'équation du mouvement a la forme

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Psi}{\partial t} = p_0\Psi = \mathcal{H}\Psi = \left\{ c\rho_1(\vec{\sigma}.\vec{p}) + \rho_3 mc^2 + \mu\rho_3(\vec{\sigma}.\vec{\mathrm{H}}) - \mu\rho_2(\vec{\sigma}.\vec{\mathrm{E}}) \right\}\Psi.$$

Ici $\vec{\mathrm{E}}$ et $\vec{\mathrm{H}}$ sont les composantes du champ électromagnétique et $\mu$ donne la valeur absolue du moment magnétique de la particule; $\mu$ est positif si le moment magnétique peut être représenté comme produit par la rotation d'une charge positive tournant dans le sens du spin. Le signe moins dont est affecté le terme d'interaction électrique tient à ce que $\vec{p}$ étant un vecteur covariant, il faut, pour des raisons d'invariance, introduire dans l'équation les composantes covariantes du champ électromagnétique. L'invariance relativiste de l'hamiltonien se démontre exactement de la même manière que celle des équations ordinaires de Dirac. On effectue le passage à l'équation de Schrödinger en formant l'expression

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{1}{2mc^2}(\mathcal{H} + p_0)(\mathcal{H} - p_0)\Psi \\ &= \left\{ -\frac{1}{2mc^2}p_0^2 + \frac{1}{2m}(\vec{p})^2 + \frac{1}{2}mc^2 + \mu(\vec{\sigma}.\vec{\mathrm{H}}) \right\}\Psi + \text{petits termes.} \end{aligned}$$

La formule générale

$$\frac{d\mathrm{F}}{dt} = \frac{2\pi i}{h}(\mathcal{H}\mathrm{F} - \mathrm{F}\mathcal{H}),$$

valable pour un opérateur F quelconque, donne les équations

$$(1) \qquad \frac{d\vec{x}}{dt} = c\rho_1\vec{\sigma},$$

$$\begin{aligned} (2) \qquad \frac{d\vec{p}}{dt} &= \mu\rho_3 \,\mathrm{grad}\,(\vec{\sigma}.\vec{\mathrm{H}}) - \mu\rho_2\,\mathrm{grad}\,(\vec{\sigma}.\vec{\mathrm{E}}) \\ &= \mu\rho_3(\vec{\sigma}.\mathrm{grad})\vec{\mathrm{H}} + \mu\rho_3[\vec{\sigma}.\mathrm{rot}\vec{\mathrm{H}}] - \mu\rho_2(\vec{\sigma}.\mathrm{grad})\vec{\mathrm{E}} - \mu\rho_2[\vec{\sigma}.\mathrm{rot}\vec{\mathrm{E}}], \end{aligned}$$

$$(3) \qquad \frac{d\vec{\sigma}}{dt} = \frac{2\pi}{h}\left\{ \rho_1[\vec{\sigma}.\vec{p}] + \mu\rho_3[\vec{\sigma}.\vec{\mathrm{H}}] - \mu\rho_2[\vec{\sigma}.\vec{\mathrm{E}}] \right\}.$$

La première de ces équations exprime le fait bien connu que les opérateurs $\alpha$ de Dirac correspondent à la vitesse classique. La deuxième est l'équation de Newton pour le mouvement d'un dipôle magnétique dans un champ non homogène, les deux derniers termes étant petits de l'ordre des

corrections relativistes, pourvu que la vitesse ne soit pas trop grande. La troisième équation décrit le mouvement du spin; le premier et le troisième terme du second membre étant des corrections relativistes, ce mouvement consiste surtout en une précession du spin autour de la direction du champ magnétique.

Passons au théorème des aires. Si $\vec{E}$ a la forme particulière

$$E_x = x.F(\rho, z), \qquad E_y = y.F(\rho, z), \qquad E_z = E_z(\rho, z),$$

où $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$, et si $\vec{H}$ a une forme analogue, on constate que la grandeur

$$M_z = m_z + \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi} \sigma_z = (x p_y - y p_x) + \frac{1}{2} \frac{h}{2\pi} \sigma_z$$

commute avec l'hamiltonien. Si le champ a une symétrie sphérique et si $\vec{E}$ et $\vec{H}$ sont partout parallèles au rayon vecteur, l'opérateur

$$M_x^2 + M_y^2 + M_z^2$$

est une constante du mouvement. Cependant, l'expression

$$\rho_3 \left\{ (\vec{\sigma}.\vec{m}) + \frac{h}{2\pi} \right\},$$

bien connue de la théorie de Dirac, n'est constante en général qu'à la condition $\vec{H} = 0$.

Pour calculer le champ électromagnétique produit par une telle particule, nous définirons la densité de polarisation magnétique et électrique au moyen des formules

$$\vec{O} = \mu \psi^* \rho_3 \vec{\sigma} \psi, \qquad \vec{P} = \mu \psi^* \rho_2 \vec{\sigma} \psi.$$

Il est d'abord commode d'introduire la densité de charge libre et de courant libre correspondant à ce champ de polarisation. On le fait à l'aide des équations (¹) :

$$\rho = -\operatorname{div} \vec{P},$$
$$\vec{i} = \operatorname{rot} \vec{O} + \frac{1}{\sigma} \frac{\partial \vec{P}}{\partial t}.$$

A partir de ces dernières grandeurs, le champ électrique et magnétique se calcule comme à l'ordinaire.

---

(¹) J. FRENKEL, *Elektrodynamik*, 1, 1925, p. 135 (Springer, Berlin).

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Transformation canonique d'équations de Lagrange sur le mouvement de plusieurs corps.* Note de M. N. **Saltykow**, présentée par M. Émile Borel.

H. Poincaré avait étudié la question sur l'introduction de variables de Lagrange, dites *usuelles*, pour la transformation des équations du mouvement (*Bull. astr.*, 1897). Les difficultés qu'avait signalées H. Poincaré (*Leçons de Mécanique céleste*, 1, n° 44) disparaissent si l'on abandonne les transformations tangentielles.

Considérons, dans ce but, les équations relatives de Lagrange (Tisserand, *Traité de Mécanique céleste*, 1, Chap. III)

$$(1)\quad \begin{cases} x_i'' + \dfrac{m_0 x_i}{r_i^3} + \displaystyle\sum_{k=1}^{n} \dfrac{m_k x_k}{r_k^3} = \dfrac{1}{m_i}\dfrac{\partial U'}{\partial x_i} \\ y_i'' + \dfrac{m_0 y_i}{r_i^3} + \displaystyle\sum_{k=1}^{n} \dfrac{m_k y_k}{r_k^3} = \dfrac{1}{m_i}\dfrac{\partial U'}{\partial y_i} \\ z_i'' + \dfrac{m_0 z_i}{r_i^3} + \displaystyle\sum_{k=1}^{n} \dfrac{m_k z_k}{r_k^3} = \dfrac{1}{m_i}\dfrac{\partial U'}{\partial z_i} \end{cases} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où l'on a posé

$$r_k^2 = x_k^2 + y_k^2 + z_k^2, \qquad U' = \sum_{i,j=1}^{n}\sum \frac{m_i m_j}{\Delta_{ij}},$$
$$\Delta_{ij}^2 = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2,$$

la sommation double étant étendue sur toutes les valeurs distinctes des indices $i$ et $j$, à partir de 1 jusqu'à $n$.

Introduisons les $3n$ variables auxiliaires $p_k$, $q_k$, $s_k$ $(k = 1, 2, \ldots, n)$ qui soient reliées avec les anciennes vitesses relatives par les formules

$$x_i' = \sum_{k=1}^{n} A_{ik} p_k,\qquad y_i' = \sum_{k=1}^{n} A_{ik} q_k \quad (i = 1, 2, \ldots, n),\qquad z_i' = \sum_{k=1}^{n} A_{ik} s_k$$

où l'on a posé

$$A_{ik} \equiv \frac{1}{B}, \qquad k \gtreqless i, \qquad A_{ii} \equiv \frac{1}{B}(1 + b_i), \qquad b_i \equiv \frac{m_0}{m_i},$$

B désignant une quantité constante arbitraire.

Le système (1) se transforme alors en système canonique d'équations différentielles ordinaires de la forme suivante

$$(2) \qquad \begin{cases} x'_i = \dfrac{\partial H}{\partial p_i}, & y'_i = \dfrac{\partial H}{\partial q_i}, & z'_i = \dfrac{\partial H}{\partial s_i}, \\ p'_i = -\dfrac{\partial H}{\partial x_i}, & q'_i = -\dfrac{\partial H}{\partial y_i}, & s'_i = -\dfrac{\partial H}{\partial z_i} \\ & (i = 1, 2, \ldots, n), & \end{cases}$$

en posant

$$H \equiv \frac{1}{B}\left[\sum_{i=1}^{n} \frac{(1+b_i)}{2}(p_i^2 + q_i^2 + s_i^2) + \sum\sum_{k,\,j=1}^{n}(p_k p_j + q_k q_j + s_k s_j) - B\left(\frac{1}{m_0}U' + \sum_{k=1}^{n}\frac{m_k}{r_k}\right)\right].$$

Le système (2) admet trois intégrales représentées sous la forme des intégrales des aires, à savoir :

$$\sum_{i=1}^{n}(x_i q_i - y_i p_i) = C_1, \qquad \sum_{i=1}^{n}(y_i s_i - z_i q_i) = C_2, \qquad \sum_{i=1}^{n}(z_i p_i - x_i s_i) = C_3,$$

$C_1$, $C_2$, $C_3$ désignant trois constantes arbitraires.

Nous nous réservons de reprendre les équations obtenues (2) pour les appliquer aux problèmes de la Mécanique céleste.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la variation de période du système double à éclipses R Canis Majoris.* Note[1] de M. J. **Ellsworth**, présentée par M. Ernest Esclangon.

I. On a déjà reconnu que la période de l'étoile double à éclipses R Canis Majoris était variable, sans pouvoir préciser jusqu'ici la loi de variation[2]. Nous avons rassemblé 89 minima actuellement connus, dont 14 déterminés à partir de nos observations, et nous les avons groupés en 21 minima nor-

(1) Séance du 22 décembre 1933.

(2) R. S. Dugan, *Contributions of Princeton Univ. Observatory*, 6, 1924, p. 50.

maux. Une discussion qui paraîtra dans un autre Recueil montre qu'on peut les représenter par la formule sinusoïdale :

$$(1)\qquad m = \text{J.J.}\,2410357^{j},6628 + 1^{j},1359444\text{o}\,\text{E} + 0^{j},0203 \sin(246^{\circ},70 + 0^{\circ},025397\,\text{E})$$

avec une erreur probable de $\pm 0^{j},0085$.

II. Si l'on cherche à expliquer cette variation de période d'une durée de 44 ans par une rotation de la ligne des apsides, suivant la théorie classique de Tisserand, on trouve comme excentricité $e = 0,0561$.

Cette valeur est incompatible avec les observations spectroscopiques de Jordan [1] qui ont donné $e = 0,138$. A l'époque de ces observations ($E = 6700$) la longitude du périastre calculée d'après (1) aurait été $\omega = 237^{\circ}$, tandis que Jordan a trouvé $\omega = 196^{\circ}$.

Les observations photométriques de Wendell ($E = 3600$) [2] et de Dugan ($E = 10585$) [3] ont montré d'autre part que les minima secondaires étaient équidistants des minima principaux, ce qui conduit à supposer soit l'excentricité négligeable, soit la ligne des apsides dirigée suivant le rayon visuel. Ces deux hypothèses sont en contradiction avec la formule (1).

*Ainsi la rotation de la ligne des apsides ne suffit pas à rendre compte de la variation sinusoïdale de la période.*

III. Nous sommes conduits à envisager l'effet d'aberration causé par la translation du système double autour d'un troisième corps (théorie de Chandler). Cette translation entraînera aussi une rotation de la ligne des apsides, si nous admettons l'excentricité de Jordan, *et la variation de période résultera à la fois de l'effet d'aberration et de la rotation de la ligne des apsides.*

Comme un terme sinusoïdal suffit actuellement à représenter les observations, nous supposerons en première approximation que la translation du système double s'effectue suivant une orbite circulaire et que la rotation de la ligne des apsides a même période que la translation.

Le terme sinusoïdal prend la forme

$$(2)\qquad M \sin(x + \gamma) = \alpha \sin x + \beta \sin(x + a),$$

où $\alpha$ et $\beta$ sont les coefficients d'aberration et de rotation, $x$ la longitude du

(1) S. C. Jordan, *Allegheny Observatory Publications*, 3, 1916, p. 49.

(2) O. C. Wendell, *Annals of the Harvard College Observatory*, 46, 1903, p. 172; 69, 1909, p. 66.

(3) R. S. Dugan, *loc. cit.*

système double par rapport au troisième corps et $a$ l'angle des apsides avec le rayon R du cercle. Le premier membre est donné numériquement par (1), les éléments spectroscopiques permettent de calculer $\beta \sin(x+a)$; on a donc le produit $\alpha \sin x$. On peut alors chercher à déterminer séparément chacun des deux facteurs de manière à représenter le mieux possible les observations spectroscopiques et photométriques. On aboutit aux deux solutions suivantes :

| E. | $\omega_1$ (translation directe). | $\omega_2$ (translation rétrograde). |
|---|---|---|
| 3600 (Wendell) | 88° | 274° |
| 6700 (Jordan) | 160 | 196 |
| 10585 (Dugan) | 272 | 98 |

Le cas de la translation rétrograde (c'est-à-dire en sens inverse du mouvement relatif des deux composantes du système double) est seul acceptable. La valeur de $\omega_2$ coïncide avec l'observation spectroscopique et la ligne des apsides était presque dans la direction du rayon visuel à l'époque des observations photométriques.

*En associant ainsi l'effet d'aberration et la rotation de la ligne des apsides, on représente d'une manière très satisfaisante les résultats de la spectroscopie et de la photométrie.*

IV. De la solution précédente on déduit en outre les résultats numériques :

$$R \sin i = 9,4 \text{ unités astronomiques},$$
$$\omega_0 = 150^\circ \text{ pour } E = 0,$$
$$a = 25^\circ.$$

Il paraît vraisemblable qu'un système double dont la période est voisine de 1 jour et dont les deux composantes sont distantes d'environ 0,003 unité astronomique, décrive en 44 ans une orbite d'une dizaine d'unités astronomiques de rayon.

NAVIGATION. — *Sur l'emploi des relèvements radiogoniométriques à grande distance.* Note (¹) de M. **Florian La Porte**, transmise par M. E. Fichot.

L'emploi des relèvements radiogoniométriques dans la navigation maritime ou aérienne se heurte à la difficulté provenant de ce que ces relè-

(¹) Séance du 22 janvier 1934.

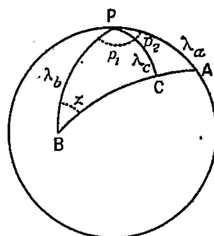
vements, constitués par des arcs de grand cercle de la sphère, ne peuvent être représentés par des lignes droites sur les cartes de Mercator.

Divers procédés, basés sur la correction dite *de Givry*, ont été indiqués et sont en usage. Ils sont plus ou moins approchés et ne peuvent s'appliquer lorsque le radiophare est à une très grande distance, cas qu'il faut de plus en plus prévoir.

La méthode suivante s'appliquerait à tous les cas, avec des calculs assez simples.

Soient $\lambda_a$ la colatitude et $G_a$ la longitude — données par les cartes ou le livret des phares — du poste A émettant le signal perçu en B dans l'azimut $Z_b$ par un navire ou un avion.

Cherchons en quel point l'arc de grand cercle correspondant rencontre




un parallèle de latitude déterminée, par exemple, celui qui correspond au point estimé (colatitude $\lambda_b$).

La considération des deux triangles sphériques rectangles formés par le grand cercle PC mené du pôle perpendiculairement à AB fournit les trois équations suivantes où $\lambda_c$ est la colatitude du point C de rencontre avec AB et où $p_1$, $p_2$ sont les deux angles au pôle de ces triangles :

$$(1) \qquad \begin{cases} \cot p_1 = \cos\lambda_b \operatorname{tang} Z_b, \\ \sin\lambda_c = \sin\lambda_b \sin Z_b, \\ \cos p_2 = \operatorname{tang}\lambda_c \cot\lambda_a, \end{cases}$$

équations auxquelles il convient d'ajouter la relation connue

$$\operatorname{tang}\varphi = \operatorname{tang} M \cos\lambda_b$$

qui fournit l'angle $\varphi$ que fait en B la courbe d'égal azimut avec le grand cercle BA.

La somme algébrique $p_1 + p_2$ donne l'angle M mesurant la différence de longitude entre le poste A et le point où l'arc AB rencontre le parallèle de colatitude $\lambda_b$.

On portera le point correspondant à $\lambda_b$ et à M sur la carte de navigation et l'on mènera de ce point une droite faisant avec le méridien l'angle $Z_b + \varphi$.

On aura ainsi un lieu de la position du navire, à condition, bien entendu, que le point déterminé par les équations (1) soit assez voisin du point cherché pour qu'on puisse confondre sur la carte la courbe représentative de l'arc de grand cercle avec sa tangente.

Le « droite azimutale » ainsi obtenue pourra être combinée soit avec une « droite de hauteur » provenant d'une observation astronomique, soit avec un autre relèvement radiogoniométrique; l'intersection de ces deux droites donnera le point exact cherché.

Une méthode analogue peut s'appliquer au cas où l'on connaîtrait non plus l'azimut en B, mais l'azimut $Z_a$ dans lequel le poste A relève le navire ou l'avion.

En cherchant l'intersection de l'arc AB non plus avec un parallèle mais avec un méridien déterminé M, on obtient un nouveau système d'équations (2) :

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned} \sin\lambda_c &= \sin\lambda_a \sin Z_a, \\ \cot p_2 &= \cos\lambda_a \operatorname{tang} Z_a, \\ p_1 &= M - p_2, \\ \operatorname{tang}\lambda_b &= \frac{\operatorname{tang}\lambda_c}{\cos p_1}, \\ \cos Z_b &= \cos\lambda_c \sin p_1, \end{aligned}\right.$$

équations qui donnent la colatitude $\lambda_b$ du point où l'arc de grand cercle AB rencontre le méridien M et l'azimut $Z_b$ en ce point.

On continuerait comme précédemment.

NAVIGATION. — *Géométrie du navire. Extension de la méthode métacentrique par emploi de tronçons métacentriques.* Note de M. **E. Barrillon**, présentée par M. d'Ocagne.

L'étude de la stabilité du navire flottant librement, ou échoué, comprenant ou non un chargement liquide, conduit à considérer un système de forces parallèles entre elles mais de direction et d'intensité variable. A une position d'équilibre correspond, dans le cas le plus général, une série de points A appartenant respectivement à chacune des flottaisons interne ou externe, et chaque flottaison coupe la flottaison infiniment voisine suivant une droite passant par le point A correspondant. Le plan voisin le plus

général dépend ainsi de deux paramètres, l'un $\varphi$ angle fini définissant la direction de la trace ou arête passant par A, l'autre $\theta$ angle infiniment petit compris entre les deux positions successives de chaque flottaison. Les angles $\varphi$ et $\theta$ sont les mêmes pour les ensembles de flottaisons simultanées.

La méthode métacentrique groupe d'abord les positions de $\varphi$ constant puis remplace chaque force par une force égale passant par un métacentre. L'ensemble des résultats obtenus se ramène à trois propriétés générales : *a*. la définition du métacentre individuel à $\varphi$ constant; *b*. la variation du métacentre en fonction de $\varphi$, conduisant à la notion de tronçon métacentrique; *c*. la combinaison des tronçons métacentriques.

L'étude d'un métacentre individuel à $\varphi$ constant n'est qu'un cas particulier de *c* et résulte de la propriété suivante :

Étant données deux forces $A_1 + B_1\theta + \ldots$ ayant un métacentre individuel $M_1$, $A_2 + B_2\theta + \ldots$ ayant un métacentre individuel $M_2$, la résultante de ces deux forces a pour métacentre le point situé au-dessus du centre de gravité des métacentres individuels ($M_1$ affecté d'un poids $A_1$ et $M_2$ affecté d'un poids $A_2$) et à une distance de ce centre de gravité égale à

$$(b) \qquad H = \frac{B_2A_1 - A_2B_1}{(A_1 + A_2)^2}(y_2 - y_1),$$

$y_2 - y_1$ étant la distance horizontale entre les deux forces parallèles que l'on compose. Le métacentre d'une poussée unique s'obtient en faisant $A_1 = W$ (volume de carène); $B_1 = 0$, $A_2 = 0$, $B_2 = m_A$ (moment de la surface de flottaison par rapport à l'arête),

$$y_2 - y_1 = \frac{I_A}{m_A} - y_c$$

($I_A$, moment d'inertie de la flottaison; $y_c$, distance de la droite de poussée à l'arête).

Par suite, dans ce cas,

$$(a) \qquad H = \frac{I_A - m_A y_c}{W}.$$

Ce cas particulier résout la question (*a*). Dans le cas encore plus particulier du problème isocarène on retrouve la valeur $I_A/W$ définissant le métacentre de Bouguer.

Dans la formule générale (*b*), $A_1$ et $A_2$ sont indépendants de $\varphi$ mais $B_2$,

$B_1$, $y_2 - y_1$ sont des fonctions de $\varphi$. On voit de suite que H est ainsi une fonction de $\varphi$ de la forme

$$\alpha \cos^2\varphi + \beta \sin\varphi \cos\varphi + \gamma \sin^2\varphi \equiv h' + \alpha' \cos(2\varphi - \Phi),$$

ce qui conduit à définir l'ensemble des positions du métacentre comme un tronçon métacentrique dont la position est celle de la résultante, et les éléments l'amplitude $2\alpha'$, la phase $\Phi$ et l'altitude moyenne $h'$.

La combinaison des tronçons métacentriques se fait ainsi : la position du tronçon résultant s'obtient comme dans la composition des forces, de même pour l'altitude $h'$. L'amplitude et la phase s'obtiennent par la règle suivante : on construit un triangle dont deux côtés adjacents en $\Omega$ sont les amplitudes des tronçons composants et dont l'angle compris entre ces côtés est la différence de phase des tronçons composants. Sur le côté opposé on prend le point qui divise ce côté en parties inversement proportionnelles aux intensités $A_1$, $A_2$. En joignant ce point à $\Omega$ on obtient l'amplitude et la phase du tronçon métacentrique résultant.

Par l'application des règles précédentes on traite, par une méthode uniforme tous les problèmes de stabilité d'équilibre du navire : les forces de poussée et les réactions d'appui sont combinées par la méthode des tronçons métacentriques et la condition de stabilité s'énonce uniformément par la règle connue relative au corps flottant librement. Lorsque la seule force autre que celles spécifiées à l'instant même est le poids P, les composantes ont une somme constante. Dans le cas du navire échoué sur une partie courbe de sa carène, on aura par exemple $A_1 + A_2 = P$ et $B_1 + B_2 = 0$, la formule ($b$) se réduit alors à

$$H = y_c \frac{B_2}{P}.$$

Les deux forces autres que le poids sont la poussée $\varpi W + \varpi m_A \theta$ dont le métacentre M est à $I_A - m_A y_c / W$ au-dessus du centre de carène et la réaction du sol $P - \varpi W - \varpi m_A \theta$ dont le métacentre est le centre de courbure $\omega$ du cylindre circonscrit à la carène au point de contact pour chaque valeur de $\varphi$; le métacentre général des poussées et de la réaction du sol est à une hauteur $y_c \times \varpi m_A / P$ au-dessus de la droite $\omega$M.

Dans le cas des citernes intérieures, comme dans tous les cas isocarènes les B sont nuls.

L'application de la méthode des tronçons métacentriques permet de traiter complètement des problèmes qui jusqu'ici n'avaient été abordés que dans des cas où des symétries dans les données permettent de se limiter à

des problèmes à deux dimensions. En particulier, le cas du navire avec citernes intérieures quelconques n'avait jusqu'ici été traité que dans le cas de $\varphi$ constant.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mécanique quantique des photons. Approximation de Pauli.* Note [1] de M. **Al. Proca**, présentée par M. L. de Broglie.

Le mouvement d'un photon, considéré comme une particule de masse et de charge nulles, sera décrit par les équations de Dirac

$$(1)\qquad \partial_{l}^{\dot\sigma}\psi_{\dot\sigma}=0, \qquad \partial_{\dot s}^{\lambda}\chi_{\lambda}=0.$$

Le problème consiste à trouver, comme dans nos précédentes Notes [2], l'expression des composantes du champ lumineux correspondant. Le principe fondamental utilisé est le suivant : l'impossibilité de réaliser une synthèse entre la théorie de Maxwell et la théorie de Dirac vient du fait qu'on peut développer l'une d'elles, la première, sans faire aucunement appel aux spineurs, tandis qu'il n'en est pas de même pour la seconde. Si donc nous voulons relier $\psi_{\dot\sigma}$, $\chi_{\lambda}$ au champ $e$, $h$, il faudra utiliser d'autres *spineurs*, qui, convenablement combinés avec les premiers, fourniront des grandeurs se transformant correctement. Ces nouveaux spineurs nous seront donnés par la « décomposition » du vecteur $\partial_{r}(r=0, 1, 2, 3)$ :

$$\frac{\partial}{\partial x},\quad \frac{\partial}{\partial y},\quad \frac{\partial}{\partial z},\quad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}.$$

Avant d'indiquer la solution générale, il n'est pas inutile d'examiner le problème dans le cas où l'on se bornerait à décrire la particule par *deux* composantes seulement $\psi_1$, $\psi_2(\chi_{\lambda}\equiv 0)$. Ce traitement ne saurait être rigoureux [3]; il constitue cependant une véritable approximation, tandis que celui que nous avons déjà décrit dans nos Notes antérieures n'en est pas une.

A cette approximation, on peut réaliser la décomposition du vecteur précédent au moyen d'*un sel spineur* $u_s$, par

$$(3)\quad \partial_1+i\partial_2=u_{\dot 2}u_1,\qquad \partial_1-i\partial_2=u_{\dot 1}u_2,\qquad -\partial_0+\partial_3=u_{\dot 1}u_1,\qquad -\partial_0-\partial_3=u_{\dot 2}u_2.$$

---

(1) Séance du 15 janvier 1934.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1725, et 198, 1934, p. 54.

(3) W. Pauli, *Handbuch der Physik*, 24-1, 1933, p. 226.

Pour avoir des formules symétriques, on peut prendre

$$(4)\qquad u_1=\sqrt{\partial_1+i\partial_2}\sqrt[4]{\frac{-\partial_0+\partial_3}{-\partial_0-\partial_3}}e^{i\varepsilon},\qquad u_2=\sqrt{\partial_1-i\partial_2}\sqrt[4]{\frac{-\partial_0-\partial_3}{-\partial_0+\partial_3}}e^{i\varepsilon},$$

où les symboles $\sqrt{\ldots}$ ont la signification que nous leur avons donnée [1] et où nous supposerons, comme précédemment, que $\varepsilon$ représente un angle arbitraire. Cela étant, pour avoir des grandeurs se transformant comme le champ électromagnétique, il suffira, ainsi que l'ont montré Laporte et Uhlenbeck [2], de former un spineur symétrique du second rang. Or, la manière la plus simple de former un pareil spineur au moyen de $u_s$ et de $\psi_1$, $\psi_2$ consiste à prendre

$$(5)\qquad g_{\dot r\dot s}=\frac{1}{2}(u_{\dot r}\psi_{\dot s}+u_{\dot s}\psi_{\dot r}).$$

Dans ce cas, le champ est donné par

$$(6)\qquad \begin{cases} e_1+ih_1=\dfrac{1}{4}(u_1\psi_1-u_2\psi_2), \qquad h_2+ie_2=\dfrac{1}{4}(u_1\psi_1+u_2\psi_2),\\ e_3-ih_3=\dfrac{1}{4}(u_1\psi_2-u_2\psi_1).\end{cases}$$

*Ce champ satisfait aux équations de Maxwell* $\partial_l^{\dot r} g_{\dot r\dot s}=0$, *si* $\psi_{\dot\sigma}$ *satisfont à celles de Dirac*. En effet, on a $\partial_l^{\dot r} g_{\dot r\dot s}=0$, puisque

$$(7)\qquad \partial_l^{\dot r} g_{\dot r\dot s}=\frac{1}{2}u^{\dot r}u_l(u_{\dot r}\psi_{\dot s}+u_{\dot s}\psi_{\dot r})=\frac{1}{2}u_l(u^{\dot r}u_{\dot r})\psi_{\dot s}+\frac{1}{2}u_{\dot s}\partial_l^{\dot r}\psi_{\dot r}\equiv 0$$

en vertu de la commutabilité des $u_s$ et de l'identité $u^{\dot r}u_{\dot r}\equiv 0$.

Considérons un photon d'*énergie positive* se propageant le long de l'axe $Ox$ :

$$(8)\qquad \psi_\sigma=H_\sigma e^{i(px-Wt)}\qquad (W>0).$$

En calculant les champs au moyen de (6), on constate que la lumière correspondante se propagera dans la même direction que le photon et qu'elle sera *polarisée circulairement* dans un sens bien déterminé.

Comment se comportera la lumière correspondant à un photon d'*énergie négative ?* L'approximation de Pauli ne permet pas le calcul de la lumière correspondant à des photons ayant les uns des énergies positives et les

---

(1) *Loc. cit.*

(2) *Physical Review*, 37, 1931, p. 1380.

autres des énergies négatives. Il faut pour cela passer à la théorie exacte, nous constaterons qu'*un photon correspond toujours à une lumière polarisée circulairement, dans un certain sens si l'énergie est positive, et en sens contraire si l'énergie est négative*. Puisque l'expérience nous apprend que l'on peut réaliser, par superposition, une lumière polarisée linéairement, on voit qu'il est *indispensable* d'introduire, dans les calculs, des photons d'énergie négative. Sur ce point, la théorie que nous développons est très satisfaisante; l'apparition inévitable des énergies négatives, loin d'être une difficulté de la théorie, en constitue au contraire un élément essentiel.

Enfin, ces développements relatifs aux photons nous suggèrent l'interprétation suivante des énergies négatives d'une particule quelconque, photon ou électron, interprétation dont nous nous proposons de vérifier l'exactitude :

L'*énergie d'une particule* ne peut être, pour nous, au moins avec nos habitudes d'esprit actuelles, qu'une *quantité essentiellement positive*; *son signe + ou — indique le sens de rotation, droit ou gauche, de certaines composantes d'un champ (du type $\psi$) attaché à cette particule*. S'il s'agit d'un photon, ce champ est le champ électromagnétique de Maxwell; s'il s'agit d'un électron, ce champ dérive de la fonction d'onde $\psi$ et mérite une étude particulièrement approfondie.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie des corpuscules élémentaires.* Note (1) de M. **L. Goldstein**, présentée par M. L. de Broglie.

Les problèmes fondamentaux de la Physique peuvent être divisés en deux classes. L'une de ces classes contient les problèmes relatifs à la *stabilité* propre, intrinsèque des éléments primaires, à leur *structure*. Dans la seconde classe se rangent les problèmes qui se posent au cours de l'étude du *comportement* des éléments primaires (corpuscules, par exemple), sous l'influence des actions extérieures et, en particulier, au cas limite des actions extérieures nulles. Cette classification des problèmes de la Physique est assez arbitraire, mais elle est utile, ce qui permet de la justifier dans une certaine mesure. On sait, en effet, que la seconde classe des problèmes indiquée constitue seule actuellement la Physique atomique, et l'ignorance des solutions éventuelles des problèmes de stabilité intrinsèque n'y devient

(1) Séance du 15 janvier 1934.

gênant que dans le cas limite où des caractéristiques essentielles des actions extérieures prennent de telles valeurs pour lesquelles les possibilités d'idéalisation conduisant aux éléments primaires ou corpuscules cessent d'être univoques.

Actuellement certains des problèmes atomiques de seconde classe ont reçu une solution dans les cadres de la théorie relativiste des quanta proposée par Dirac. Cette théorie représente, on le sait, les limites les plus avancées des connaissances que l'on possède sur cette classe de problèmes. L'étude de la stabilité de la structure interne des éléments fondamentaux n'a pas été abordée encore. Il y a cependant une voie que l'on peut suivre dans cet ordre d'idées. En effet, une théorie fournissant un ensemble cohérent d'explications de faits peut conduire à *octroyer*, du dehors, certaines propriétés intrinsèques aux éléments primaires, propriétés pouvant être de grande importance. Un exemple particulièrement intéressant nous est fourni par la théorie de l'électron dans les cadres de l'Électromagnétisme classique. Ici on est amené à délimiter une région de l'espace en dehors de laquelle seulement il est justifié de regarder l'électron comme un point matériel chargé. On est donc amené à admettre un *rayon* électronique dont le rôle fondamental en physique atomique est bien connu.

Nous nous sommes proposé de rechercher si la théorie de Dirac ne conduit pas à une propriété intrinsèque des éléments dont elle peut décrire le comportement sous l'influence de certaines actions extérieures et en particulier dans le cas d'une action extérieure nulle. Ce dernier cas seul sera traité ici. On sait, en effet, que si l'on admet la validité de la relation

$$\frac{W^2}{c^2} = \Sigma p_i^2 + m^2 c^2, \tag{1}$$

fournie par la théorie de la Relativité restreinte pour l'énergie W d'un corpuscule *libre*, de masse au repos $m$ et de composantes cartésiennes d'impulsion $p_i (i = 1, 2, 3)$, $c$ étant la vitesse de la lumière dans le vide et, si l'on veut obtenir l'équation d'onde associée à ce corpuscule dont l'énergie est donnée par (1), conduisant à une expression de la densité de probabilité de présence *définie positive*, compte tenu du principe ondulatoire de la décomposition spectrale, on doit prendre, d'après Dirac, l'équation linéaire

$$\left\{ \frac{W}{c} + \sum_{i=1}^{3} \alpha_i p_i + \alpha_4 m c \right\} \Psi(x_i, t) = 0, \tag{2}$$

où les $\alpha_i$, $\alpha_4$ et $\Psi$ représentent des matrices hermitiques de quatrième rang

*au moins*. On sait que cette équation attribue au corpuscule considéré une propriété fondamentale ayant les dimensions d'un *moment cinétique* et interprétable comme tel; sa valeur numérique absolue étant $h/4\pi$ ($h$ est la constante de Planck).

On peut alors se poser le problème suivant : étant donné un corpuscule de masse au repos $m$ et de moment cinétique intrinsèque de grandeur numérique donnée $sh/2\pi$ ($s$ est un nombre entier ou demi-entier y compris zéro); trouver l'équation d'onde relativiste du type (2) associée à ce corpuscule *libre* et qui soit aussi conforme aux principes indiqués plus haut. Il résulte de considérations élémentaires que les matrices $\alpha$ et $\Psi$ doivent être ici d'un rang égal au moins à $2(2s+1)$. Or, il se trouve que de telles matrices $\alpha$ du type figurant en (2) n'existent pas. La démonstration ne peut être donnée ici, faute de place; nous ne donnons que le résultat auquel on est amené :

THÉORÈME I. — *L'introduction du quantum d'action h en Relativité restreinte en vue d'obtenir l'équation d'onde associée à un corpuscule de masse au repos m, libre, d'impulsion d'Univers* $(\vec{p}, W/c)$, *conforme : aux relations de de Broglie* $(W = h\nu, \vec{\lambda}\vec{p} = h)$, *au principe ondulatoire de la décomposition spectrale et conduisant à une expression définie positive de la probabilité de présence, procédé de Dirac, amène à attribuer à ce corpuscule une propriété fondamentale susceptible d'être interprétée comme le moment cinétique intrinsèque unique de ce corpuscule dont la grandeur numérique absolue est* $h/4\pi$.

COROLLAIRE. — *On ne peut associer à aucun corpuscule de masse au repos donnée et de moment cinétique intrinsèque différent en valeur absolue de* $h/4\pi$ *une équation d'onde relativiste conforme aux principes énumérés dans le théorème I.*

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la conductibilité des films métalliques dans un champ électrique*. Note [1] de M. **ELIGIO PERUCCA**, présentée par M. A. Cotton.

Un film métallique très mince peut être chargé électrostatiquement sur sa surface par un champ électrique extérieur normal à cette surface. La conductibilité du film varie-t-elle avec la charge électrique superficielle, c'est-à-dire avec le champ électrique extérieur?

---

[1] Séance du 15 janvier 1934.

Perkins (¹) a trouvé une très faible variation.

Pierucci (²) croit pouvoir conclure de ses expériences très soignées qu'il y a une variation très petite de conductibilité, de l'ordre du cent-millième, pour une couche de tungstène ayant une résistance d'à peu près 1600 ohms. Il y a une augmentation de conductibilité si la charge est négative, une diminution si elle est positive.

S'il y a un tel effet, il doit être particulièrement notable dans les films extrêmement minces, où la couche métallique superficielle isolante (³) joue un rôle considérable. J'ai déjà fait quelques mesures dans cette direction en 1930, mais c'est seulement pendant les derniers mois que M. Deaglio a pu achever des expériences sur ce sujet. Voici les résultats qui ne s'accordent pas du tout avec ce qu'on pouvait prévoir.

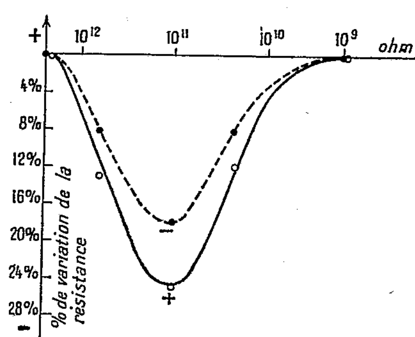



Fig. 1.

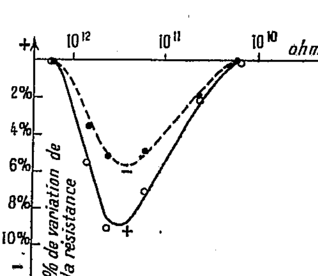



Fig. 2.

On a employé des films obtenus par projection cathodique dans l'air, films d'or et de platine sur fil de quartz fondu (longueur $50^{mm}$, diamètre $0^{mm},5$). Le fil était métallisé à peu près sur la moitié de la surface cylindrique.

Les mesures avec et sans champ électrique étaient effectuées dans le vide d'une pompe Holweck.

Le champ électrique n'étant pas uniforme, je donnerai les valeurs de la différence de potentiel qui était appliquée entre le film et une plaque électrode parallèle au film et à la distance de $2^{cm}$; c'était cette même plaque qui avait servi comme cathode pour obtenir le dépôt métallique.

Les figures 1 et 2 donnent les variations de résistance avec la résistance

(¹) *Phys. Rev.*, 25, 1925, p. 584, et *J. de Physique*, 6ᵉ série, 4, 1923, p. 246-256.
(²) *N. Cim.*, 9, 1932, p. 33.
(³) *Ann. der Phys.*, 4, 1930, p. 252.

du film. Après chaque série de mesures on reprenait la projection cathodique pour augmenter l'épaisseur du film et, par conséquent, sa conductibilité.

La figure 3 donne la variation de résistance d'un film d'épaisseur constante, lorsque la différence de potentiel extérieur, et par suite le champ extérieur, variait.

On a un effet notable seulement pour des films de résistance comprise entre $5.10^9$ et $2.10^{12}$ ohms environ pour le platine, et entre $3.10^{10}$ et $2.10^{12}$ ohms pour l'or.

L'effet est réversible : il s'annule avec le champ électrique qui le produit.

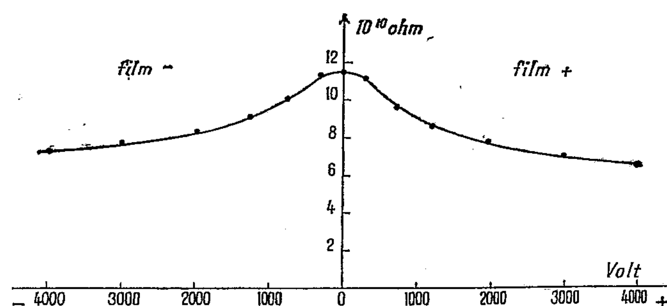



Fig. 3.

L'effet est toujours une augmentation de conductibilité produite par les champs extérieurs; la résistance sous une différence de potentiel de 4000 volts créant le champ extérieur a présenté une diminution qui a atteint jusqu'à 40 pour 100 (*fig.* 3).

L'effet est asymétrique; l'augmentation de conductibilité est plus grande lorsque le film est positif, contrairement à ce qu'aurait fait prévoir le résultat de M. Pierucci.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Méthode générale de calcul des réseaux électriques à haute tension interconnectés en régime permanent équilibré.* Note de M. **Ch. Lavanchy**, transmise par M. André Blondel.

Dans le cas le plus général, un réseau électrique est constitué par *n* sommets, auxquels peuvent être appliquées des charges ou des génératrices indépendantes, et par un certain nombre de circuits généraux (comprenant résistances, réactances, capacités et conductances) reliant ces sommets. On

démontre qu'un tel réseau peut être ramené à un réseau fictif à deux sommets seulement, réunis par un seul circurt général, en faisant usage des deux théorèmes suivants de transfiguration.

THÉORÈME I. — *Soit, dans un réseau quelconque, une étoile à n branches* $S_0S_1$, $S_0S_2$, ..., $S_0S_n$, *et appelons* $\overline{Y}$, $\overline{\beta}_1$, $\overline{\beta}_2$, ..., $\overline{\beta}_n$ *leurs impédances et* $\overline{Y}_0$ *l'admittance appliquée à son centre* (constantes complexes).

Cette étoile peut être remplacée, sans modifier le réseau, par un réseau polygonal maillé formé de $(n-1)n/2$ impédances $\overline{B}_{12}$, $\overline{B}_{23}$, ..., reliant chaque paire de points $S_1$, $S_2$, ..., $S_n$ ($S_0$ étant éliminé) et de $n$ admittances $\overline{Y}'$, $\overline{Y}'_2$, ..., $\overline{Y}'_n$ appliquées respectivement aux points $S_1$, $S_2$, ..., $S_n$ ($S_0$ étant éliminé). Ces impédances et ces admittances sont données par les expressions suivantes, les doubles indices des impédances indiquant les points reliés ([1]).

$$(1) \qquad \overline{B}_{12}=\overline{\beta}_1\overline{\beta}_2\left[\sum_1^n \frac{1}{\overline{\beta}}+\overline{Y}_0\right]; \qquad \overline{B}_{23}=\overline{\beta}_2\overline{\beta}_3\left[\sum_1^n \frac{1}{\overline{\beta}}+\overline{Y}_0\right]; \qquad \ldots;$$

$$(2) \qquad \overline{Y}'_1=\frac{\overline{Y}_0}{\overline{\beta}_1}\,\frac{1}{\sum_1^n \frac{1}{\overline{\beta}}+\overline{Y}_0}; \qquad \overline{Y}'_2=\frac{\overline{Y}_0}{\overline{\beta}_2}\,\frac{1}{\sum_1^n \frac{1}{\overline{\beta}}+\overline{Y}_0}; \qquad \ldots$$

avec

$$(3) \qquad \sum_1^n \frac{1}{\overline{\beta}}=\frac{1}{\overline{\beta}_1}+\frac{1}{\overline{\beta}_2}+\ldots+\frac{1}{\overline{\beta}_n}.$$

THÉORÈME II. — *La tension* $\overline{U}_0$ *du centre de l'étoile se déduit des tensions* $\overline{U}_1$, $\overline{U}_2$, ..., $\overline{U}_n$ *des sommets* $s_1$, $s_2$, ..., $s_n$ *par les relations*

$$\overline{U}_0=\frac{\dfrac{\overline{U}_1}{\overline{\beta}_1}+\dfrac{\overline{U}_2}{\overline{\beta}_2}+\ldots+\dfrac{\overline{U}_n}{\overline{\beta}_n}}{\sum_1^n \frac{1}{\overline{\beta}}+\overline{Y}_0}=\overline{U}_1\frac{\overline{Y}'_1}{\overline{Y}_0}+\overline{U}_2\frac{\overline{Y}'_2}{\overline{Y}_0}+\ldots+\overline{U}_n\frac{\overline{Y}'_n}{\overline{Y}_0}.$$

Chaque circuit général du réseau est préalablement décomposé en son

([1]) Le théorème donné par M. ROSEN (*The Journal of the Institution of Electrical Engineers*, novembre 1924), résumé dans l'Ouvrage de M. A. BLONDEL, *Courants alternatifs*, 1933, p. 242, peut être considéré comme un cas particulier de celui-ci obtenu en posant $\overline{Y}_0=0$.

circuit équivalent en $\pi$; on reporte ainsi les admittances aux sommets, ne conservant que les impédances $\overline{\beta}$ dans les branches. Puis, appliquant $(s-2)$ fois la transfiguration énoncée par le théorème I, on transforme ainsi le réseau réel à $s$ sommets en un circuit général fictif unique reliant les deux sommets conservés.

On effectue ensuite le calcul des tensions en amplitude efficace et en phase à ces deux nœuds conservés pour diverses hypothèses de charge à l'un d'eux. Le théorème II permet alors de calculer de proche en proche les tensions correspondant aux nœuds supprimés, tensions qui suffisent pour calculer la puissance traversant l'une quelconque des mailles du réseau.

Tous les calculs sont rigoureux; la seule hypothèse à faire est celle des valeurs scalaires des tensions aux nœuds chargés pour en calculer les admittances correspondantes. Connaissant les tensions exactes, on corrige, s'il y a lieu, ler charges admises qui sont proportionnelles au carré des tensions. Si c'était nécessaire, un calcul par approximations successives permettrait d'ailleurs de s'approcher avec l'approximation désirée des charges imposées.

La méthode est absolument générale, applicable à tous les réseaux d'interconnexion, de configuration quelconque, dont le nombre des sommets est supérieur à 2 et en permet l'étude par des calculs toujours élémentaires, se reproduisant identiquement à eux-mêmes, quelle que soit la complexité des cas traités.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'oxydation anodique de l'ion lactique en ion pyruvique*. Note de M. G. Carpeniseanu, présentée par M. G. Urbain.

Les acides lactique et pyruvique ainsi que leurs sels ont déjà été étudiés du point de vue électrochimique. Cependant si la réduction cathodique de l'acide pyruvique et des pyruvates, en lactates, est assez facile (1), l'oxydation inverse, anodique, des lactates en pyruvates, semble plus délicate, sans être toutefois impossible (2).

(1) Rockwell, *Am. Chem. Soc.*, **24**, 1902, p. 719; Tafel, Friedrichs, *Ber. d. ch. Ges.*, **37**, 1904, p. 3187.

(2) Smull, Subkow, *Chem. Metall. Engineer*, **28**, 1923, p. 357; Müller, *Z. Electr.*, **33**, 1927, p. 568.

Nous avons entrepris, en vue de recherches ultérieures, l'étude particulière de l'oxydation anodique du lactate de sodium uniquement en pyruvate. Contrairement à ce qui a été fait jusqu'ici, nous avons opéré sur un corps pur [1], le lactate de sodium, préparé à partir de l'acide lactique (soigneusement purifié par distillation sous vide) par neutralisation à la soude.

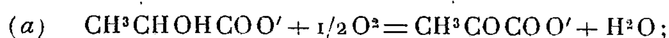
Après un grand nombre d'essais infructueux nous avons pu, finalement, mettre en évidence l'ion pyruvique par la réaction colorimétrique au nitroprussiate [2] dont la sensibilité a été récemment considérablement augmentée [3]. De ces essais il résulte que :

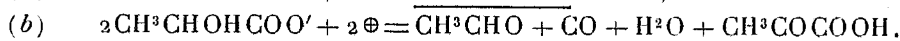
1° pour obtenir du pyruvate il est nécessaire d'appliquer aux bornes de la cellule électrolytique des différences de potentiel peu élevées (1,5 à 3,5 volts), et employer des densités de courant très faibles, de l'ordre du milliampère (grande surface anodique);

2° les rendements en pyruvate sont toujours mauvais, puisque, comme on le verra, le pyruvate formé s'oxyde facilement à son tour, pour donner surtout du $CO^2$ et de l'aldéhyde acétique.

En effet, afin d'élucider plus complètement cette dernière conclusion, nous avons fait des électrolyses [4], en tous points comparables, avec des solutions de lactate de sodium $m/100$ et de pyruvate de sodium $m/100$, à 38°,5. Les courbes $e - i$ (différences de potentiel appliquées-intensités) montrent clairement que les potentiels anodiques d'oxydation des deux ions lactique et pyruvique sont très voisins [5], ce qui explique l'oxydation de l'ion pyruvique peu après sa formation.

Le mécanisme de l'oxydation peut être envisagé soit comme purement chimique ($a$) (par l'oxygène atomique), soit comme électrochimique ($b$) :


($a$) $CH^3CHOHCOO' + 1/2\,O^2 = \underline{CH^3COCOO'} + H^2O;$


($b$) $2CH^3CHOHCOO' + 2\oplus = \overline{CH^3CHO + CO} + H^2O + \underline{CH^3COCOOH}.$

Si la réaction principale est sûrement la première, la seconde existe

(1) Seul Kolbe paraît avoir électrolysé une solution aqueuse pure de lactate de potassium, mais sans avoir obtenu du pyruvate (*Ann. Chem. Pharm.*, **113**, 1860, p. 244).

(2) Simon, *Comptes rendus*, **125**, 1897, p. 534.

(3) Carpeniseanu, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 272.

(4) Électrodes en fils de platine.

(5) Müller (*loc. cit. infra.*), opérant sur les acides libres en solution aqueuse d'acide sulfurique, arrive aux mêmes résultats.

aussi très probablement; en sa faveur milite le fait que l'on trouve parmi les gaz dégagés à l'anode aussi du CO.

*Influence des diastases.* — En tenant compte des résultats précédents nous avons examiné si l'autolysat de *B. coli* [1], — diastase qui, en présence d'un accepteur d'hydrogène tel que le bleu de méthylène, catalyse la formation de pyruvate à partir de lactate, — pouvait, par électrolyse, mais sans accepteur d'hydrogène, catalyser encore cette réaction. Pour cela, nous avons :

1° relevé les courbes d'électrolyse $e - i$ en présence de la diastase [2] active et inactive (chauffée 15 minutes à 96°);

2° mesuré les rendements en acide pyruvique dans les mêmes conditions.

Dans les deux cas la diastase ne change en rien l'oxydation électrochimique, par conséquent son influence catalytique est nulle.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Emploi des cellules à vide pour la comparaison des flux lumineux peu intenses.* Note de M. **Léon Capdecomme**, présentée par M. A. Cotton.

Dans l'étude des propriétés optiques des cristaux opaques que j'ai entreprise, j'ai choisi pour la mesure des pouvoirs réflecteurs un procédé photoélectrique de comparaison à élongations stables. Pour les petits flux utilisés, inférieurs à 1/100$^e$ de lumen, un choix raisonné de la cellule ainsi qu'une étude approfondie de ses caractéristiques et des conditions de fidélité de ses indications permettent d'attendre une précision et une sensibilité bien supérieures à celles des procédés visuels, avec une indépendance absolue de tout facteur personnel.

*Choix de la cellule.* — Les causes principales d'erreurs provenant des circuits de la cellule sont : des variations accidentelles du potentiel accélérateur; de rapides fluctuations dans la sensibilité de la cellule; la non-proportionnalité des courants et des flux lumineux.

1° Les cellules à gaz, quoique étant les plus sensibles, ont montré de graves inconvénients : inclinaison des caractéristiques à flux constant et potentiel variable qui exagère l'influence des variations accidentelles de la

(1) Stephenson, *Biochem. J.*, 22, 1928, p. 605.

(2) M$^{me}$ N. Mayer-Reich a exécuté la préparation, délicate et laborieuse, de cette diastase.

source accélératrice; stabilité insuffisante pour des mesures très précises; perte du bénéfice de la haute sensibilité à cause des grandes résistances qu'impose l'amplification; surtout, loi mal définie de variation des courants en fonction des flux, même pour nos petits flux.

2° Aussi ai-je adopté une cellule à vide au cæsium (Philips 3512), type particulièrement intéressant par sa grande sensibilité dans tout le spectre visible avec maximum dans le rouge (20 $\mu$A/lumen environ). Elle a toutefois un courant d'obscurité notable attribué à l'émission thermoionique du cæsium à froid; mais ce courant étant constant, on peut toujours en tenir compte dans les mesures.

Les caractéristiques à flux constant et tension variable, puis à flux variable et tension constante, ont été relevées avec des flux de 1/20$^e$ à 1/300$^e$ de lumen, un peu supérieurs à ceux envisagés dans nos recherches, mais permettant des mesures directes au galvanomètre.

A. *a*. A flux constant, le courant croît d'abord très vite avec la tension, puis atteint une région de saturation. Celle-ci correspond à des tensions nettement plus grandes que celle indiquée par le constructeur (70 volts); ce n'est qu'au-dessus de 150 volts qu'on est assuré d'avoir toujours une pente suffisamment petite.

*b*. Une curieuse particularité a été remarquée sur toutes les cellules étudiées du même type : le courant augmente brusquement vers 80 volts lorsqu'on fait croître de façon discontinue la tension appliquée. Si cette tension décroît ensuite, la caractéristique reste au-dessus de la branche précédente comme l'indique le tableau suivant :

| Tension en volts | | 9,6. | 21,5. | 37,75. | 56,8. | 68,5. | 79,5. | 83,5. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Intensité du courant (unité arbitraire) | à tension croissante... | 123 | 175,25 | 199,5 | 215,75 | 215,25 | 216 | 245 |
| | à tension décroissante. | 128 | 187 | 207 | 235 | 241 | 241 | |

Quelle qu'en soit la cause, ce phénomène peut troubler les mesures au voisinage de 80 volts.

*c*. Comme on peut le prévoir à cause des chutes ohmiques, les caractéristiques s'élèvent d'autant plus vite, à partir d'une excitation nulle, que la résistance extérieure à la cellule est plus petite. Mais pour des tensions élevées, à cause de la grande résistance de la cellule, les courants dépendent très peu de la résistance intercalée. C'est ce que montre le tableau suivant pour un flux de 1/30$^e$ de lumen :

| Résistance en ohms | | 500. | $10^5$. | $10^6$. | $10^6\times 5$. | $10^8$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intensité des courants (unité arbitraire) | sous 81 volts..... | 612 | 608 | 604 | 602 | 168 |
| | sous 246 volts..... | 792 | 784 | 768 | 772 | 736 |

Les différences de sensibilité deviennent absolument négligeables pour des tensions grandes et des flux très petits.

B. L'étude des courants en fonction des flux a permis de constater une proportionnalité excellente dans la limite de précision de nos mesures (1/400e).

C. L'étude de la fidélité a montré que la sensibilité varie beaucoup avec le temps et l'histoire de la cellule. Mais, sous tension supérieure à 150 volts, on a toujours trouvé des nombres très concordants pour le rapport de deux mêmes flux, à condition de les faire se succéder *immédiatement* et *sur la même région cathodique*.

*Conclusion.* — Pour la comparaison des faibles flux, si l'on opère sous tension assez élevée, la cellule à vide au cæsium est bien supérieure à la cellule à gaz : sa grande sensibilité demeure indépendante des variations accidentelles de la source accélératrice et n'est pas réduite, comme celle des cellules à gaz, par l'emploi des grandes résistances d'amplification; les courants sont, avec elle, exactement proportionnels aux flux reçus.

PHOTOCHIMIE. — *L'action chimique de la lumière sur l'iodure de vinyle.* Note [1] de M. **Guy Emschwiller**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai montré quelle contribution importante la photochimie est susceptible d'apporter au problème de la structure des molécules. C'est ainsi que l'étude de l'action de la lumière révèle, dans les molécules des iodures d'alcoyle, l'existence d'un atome d'hydrogène singulier, solidaire à la fois de l'atome d'iode et d'un atome de carbone, et lié au même atome de carbone que l'atome d'iode dans le cas des dérivés primaires et secondaires [2]. Cette conception se retrouve pour l'iodure de vinyle.

*Photolyse.* — Quand on soumet l'iodure de vinyle à l'action des radiations ultraviolettes, il se décompose essentiellement en acétylène, éthylène et iode, conformément à l'équation globale de réaction :



$$2\,CH^2{=}CHI \rightarrow CH \equiv CH + CH^2{=}CH^2 + I^2.$$

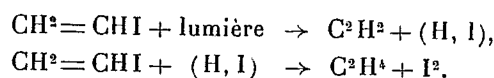
On trouve toujours, en fait, un déficit plus ou moins grand de l'éthylène

(1) Séance du 22 janvier 1934.

(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 799; *Annales de Chimie*, 17, 1932, p. 448; *Compte rendu* 56e *session Ass. fr. pour l'Avancement des Sciences*, Bruxelles, 1932, p. 150.

par rapport à l'acétylène, et de l'iode par rapport au gaz, par suite de la fixation secondaire de l'iode sur l'acétylène et surtout sur l'éthylène. Par exemple, la photolyse de $2^{cm^3}$ d'iodure de vinyle liquide, par irradiation pendant 124 heures sous une lampe à vapeur de mercure de 220 volts, a produit, à la température ordinaire, $19,4^{cm^3}$ d'acétylène, $15,5^{cm^3}$ d'éthylène, $10,3^{cm^3}$ d'iode N/10.

L'interprétation de ce résultat implique l'intervention nécessaire de 2 molécules d'iodure de vinyle. Celle qui a subi l'action de la lumière perd à la fois son atome d'iode et un atome d'hydrogène, le groupement restant se réarrangeant en acétylène; les atomes d'iode et d'hydrogène concourent, avec une deuxième molécule de l'iodure, à la production de l'éthylène et de l'iode :



$$CH^2{=}CHI + \text{lumière} \rightarrow C^2H^2 + (H, I),$$
$$CH^2{=}CHI + (H, I) \rightarrow C^2H^4 + I^2.$$

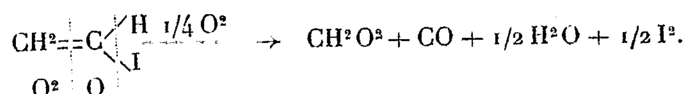
Ici encore la décomposition photochimique permet donc de déceler l'existence dans la molécule d'un atome d'hydrogène singulier. Je montrerai ultérieurement comment l'étude de l'action de la lumière sur les diiodoéthènes, symétriques et dissymétrique, conduit à admettre que l'atome d'hydrogène singulier de la molécule d'iodure de vinyle est lié au même atome de carbone que l'atome d'iode, le groupement produit par action primaire de la lumière étant $CH^2{=}C$ et non $CH{=}CH$. L'étude des produits de l'oxydation photochimique de l'iodure de vinyle s'accorde bien avec cette représentation.

*Oxydation photochimique.* — L'oxydation photochimique de l'iodure de vinyle est une réaction relativement rapide, s'effectuant principalement en phase gazeuse. J'ai pu réaliser l'oxydation complète de $1^{cm^3}$ d'iodure de vinyle liquide en moins de 48 heures d'irradiation dans un ballon de silice, de $0^{cm^3},5$ en 200 heures dans un ballon de verre. Sur les parois des ballons, on retrouve un abondant dépôt de cristaux d'iode, mouillés par de fines gouttelettes d'un liquide soluble dans l'eau; dans la solution aqueuse, j'ai caractérisé la présence d'acide formique, de formol et d'aldéhyde glycolique. Quant au gaz, en plus de l'oxygène non consommé, il contient surtout de l'oxyde de carbone, accompagné d'un peu d'acétylène et, quand on opère dans la silice, d'anhydride carbonique.

La comparaison des bilans est instructive. Aussi bien à travers le verre qu'à travers la silice, il y a production d'environ $0,6^{mol}$ à $0,65^{mol}$ d'acide formique par molécule d'iodure de vinyle oxydée et de quantités sensiblement

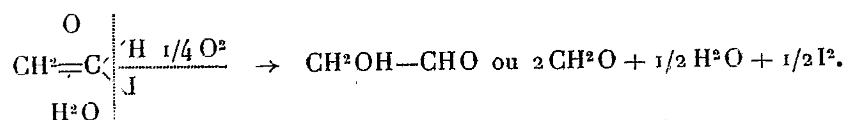
égales d'oxyde de carbone. Les teneurs varient par contre pour le formol (0,2^mol dans la silice, 0,07^mol dans le verre), l'aldéhyde glycolique (0,09^mol dans la silice, 0,185^mol dans le verre) et l'acétylène (0,085^mol dans la silice, 0,05^mol dans le verre).

De ces résultats je propose l'interprétation suivante. Tout d'abord l'oxyde de carbone et l'acide formique apparaissent comme les produits directs et simultanés de l'oxydation de l'iodure de vinyle [1] :



$$CH^2{=}C\langle^{H}_{I} \quad 1/4\,O^2 \quad (O^2 \;\; O) \rightarrow CH^2O^2 + CO + 1/2\,H^2O + 1/2\,I^2.$$

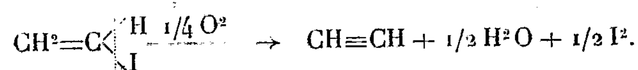
L'eau formée provoque des réactions secondaires d'hydrolyse oxydante de l'iodure de vinyle, donnant naissance aux aldéhydes glycolique et formique, la production de formol exigeant des radiations de plus grande fréquence que la production d'aldéhyde glycolique :



$$CH^2{=}C\langle^{H}_{I} \quad 1/4\,O^2 \quad (O,\ H^2O) \rightarrow CH^2OH{-}CHO \text{ ou } 2\,CH^2O + 1/2\,H^2O + 1/2\,I^2.$$

On peut même se demander si le formol ne résulte pas de la décomposition photochimique de l'aldéhyde glycolique; j'ai effectivement observé la production de formol par photolyse d'une solution aqueuse d'aldéhyde glycolique, mais cette réaction ne paraît pas assez rapide pour justifier l'origine de tout le formol issu de l'oxydation photochimique de l'iodure de vinyle.

Enfin la formation d'acétylène se comprend immédiatement :



$$CH^2{=}C\langle^{H}_{I} \quad 1/4\,O^2 \rightarrow CH{\equiv}CH + 1/2\,H^2O + 1/2\,I^2.$$

Il importe de remarquer qu'elle ne s'accompagne pas de la production d'éthylène, comme en l'absence d'oxygène.

---

(1) On ne saurait, en particulier, considérer l'acide formique comme un produit secondaire, résultant de l'oxydation photochimique de formol; j'ai vérifié que c'est là un phénomène très petit à travers le verre.

RADIOACTIVITÉ. — *Remarques théoriques sur l'émission de rayons corpusculaires (rayons β et positrons) et sur la symétrie entre corpuscules et anticorpuscules.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Le but de cette Note est d'abord de montrer que l'hypothèse qu'a émise E. Fermi [1] sur l'émission des rayons β et qu'il a fondée sur l'analogie avec l'émission d'un photon et sur l'emploi d'une variable $\rho$ dite coordonnée interne, ne constitue pas une véritable hypothèse physique, mais dérive d'un théorème de Mécanique ondulatoire que nous énoncerons comme suit :

« Soit un système de corpuscules tel qu'on puisse d'abord le considérer, à une certaine approximation, comme un corpuscule unique placé au centre de gravité, puis dont une des parties, de masse faible par rapport à la masse totale, puisse se séparer et s'éloigner de façon telle que le couplage avec la partie restante du système (considérée de même comme un corpuscule unique) devienne négligeable (émission de particules), ou bien au contraire que l'inverse se produise (absorption de particules).

» *L'état de ce système peut être défini, à cette approximation près, au moyen d'une fonction d'ondes* $\Psi$ *dépendant, outre des variables coordonnées du point figuratif* X, Y, Z *et du temps* $t$, *d'une variable* $\rho$ *susceptible de prendre deux valeurs, l'une correspondant au système complet, l'autre au système restant.* »

Au lieu de considérer $\rho$ comme une variable analogue à une coordonnée, nous estimons préférable de la considérer comme un indice, quoique ici, à l'encontre des composantes dues au spin, les deux points de vue soient équivalents. Ainsi nous aurons ou bien une fonction $\Psi(X, Y, Z, t, \rho)$, ou bien un vecteur $\overleftarrow{\Psi}(X, Y, Z, t)$ d'un espace de Hilbert $(\psi_2)$ dont les éléments seront constitués par l'ensemble de deux fonctions $\Psi_0(X, Y, Z, t)$ et $\Psi_1(X, Y, Z, t)$. Si l'on tient compte des spins, chacun de ces deux $\Psi$ sera, non pas une fonction, mais un ensemble de fonctions.

Pour démontrer notre théorème, il suffit de s'appuyer sur une propriété du centre de gravité en Mécanique ondulatoire, que nous énoncerons et démontrerons dans un travail plus développé.

---

[1] *La Ricerca scient.*, 4, vol. II, XII, déc. 1933, p. 3-7.

Soient $\Psi_0$ la fonction d'ondes du centre de gravité du système total, $\Psi_1$ celle du système restant, lorsque l'interaction avec la partie émise est devenue négligeable, $\mathbf{H}_0$ et $\mathbf{H}_1$ les hamiltoniens correspondants. Nous pouvons considérer les fonctions $\Psi_0$ et $\Psi_1$ comme les deux composantes de $\overleftarrow{\Psi}$ ci-dessus défini, ou les deux valeurs de $\Psi(X, Y, Z, t, \rho)$, et si nous introduisons deux opérateurs $\mathbf{A}_0$ et $\mathbf{A}_1$ tels que

$$\mathbf{A}_0\Psi_0 = \Psi_0, \qquad \mathbf{A}_0\Psi_1 = 0, \qquad \mathbf{A}_1\Psi_0 = 0, \qquad \mathbf{A}_1\Psi_1 = \Psi_1,$$

on voit de suite que $\overleftarrow{\Psi}$ satisfait à une équation d'ondes dont l'hamiltonien est

$$\mathbf{H} = \mathbf{A}_0\mathbf{H}_0 + \mathbf{A}_1\mathbf{H}_1.$$

Si, comme système, nous considérons un noyau atomique et des particules pouvant être émises ou absorbées par lui, la méthode d'étude que nous venons d'indiquer permettra de calculer les probabilités de ces émissions ou de ces absorptions. Cette méthode est valable quelle que soit la nature des particules.

Par exemple, comme noyaux, nous pouvons envisager un neutron devenant un proton, en même temps que sont émis un rayon $\beta$ et un neutrino. Notre méthode sera pareillement applicable si l'on considère que les radioactivités découvertes par M. et Mme Joliot (1) se traduisent par la transformation d'un proton en neutron, avec émission simultanée d'un positron et d'un antineutrino. En somme, tout se passe comme si un corpuscule unique (situé au centre de gravité du système) changeait de nature lors de l'émission ou de l'absorption de particules, de même qu'un électron atomique change d'état lors de l'émission d'un photon.

De plus, si l'on écrit les matrices associées à nos opérateurs $\mathbf{A}_0$ et $\mathbf{A}_1$, on obtient celles de Fermi et notre hamiltonien $\mathbf{H}$ a une forme analogue au sien. De sorte que l'hypothèse fondamentale de cet auteur sur l'émission des rayons $\beta$ apparaît comme une conséquence de la Mécanique ondulatoire. Voilà qui renforce singulièrement la valeur de sa théorie.

2. La théorie actuelle de Dirac traite de façon asymétrique l'électron et le positron. Or, il nous semblerait plus rationnel de les considérer de façon symétrique. La manière dont Dirac a obtenu l'équation du mouvement d'un électron, ainsi que ses conséquences, pourrait être répétée exactement pour le positron. Mais, cette fois, les *trous* dans les niveaux d'énergie négative

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 254.

vont constituer les électrons et, comme nous l'a suggéré M. Louis de Broglie, les électrons positifs se trouvant en nombre insuffisant pour remplir tous les niveaux, les trous restent stables, d'où la stabilité des électrons. Dès lors, nous pensons qu'on doit introduire une certaine *réciprocité* entre *corpuscule* et *anticorpuscule*, et dire qu'un corpuscule peut être arbitrairement considéré comme *vrai corpuscule* ou comme *anticorpuscule*.

Dans le cas d'un neutrino [de masse négligeable d'après F. Perrin (¹) et E. Fermi] obéissant à l'équation donnée par Louis de Broglie (²) pour le corpuscule de lumière, neutrino et antineutrino obéiront à des équations identiques : il y a *réciprocité* entre eux au sens que nous venons de définir. Mais, tandis que la différence de charge permet de distinguer de suite un électron d'un positron, nous pensons que, pour un neutrino et un antineutrino, cette distinction ne peut être faite : ils nous paraissent physiquement indiscernables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les densités des solutions aqueuses d'acide fluorhydrique*. Note de M. **L. Domange**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La connaissance de la densité des solutions aqueuses d'acide fluorhydrique présente un double intérêt. Tout d'abord, elle permet d'évaluer la teneur d'un produit en cours d'étude. De plus, elle peut renseigner éventuellement sur l'existence d'hydrates.

La bibliographie de cette question est fort restreinte, deux auteurs seulement s'étant attachés à la résoudre. Elle présente en effet une grande difficulté en raison de l'activité chimique de l'acide fluorhydrique qui attaque la plupart des récipients, ce qui gêne beaucoup pour la construction des appareils à utiliser.

En 1898, les tables de Eckelt (³) donnent les valeurs de la densité de solutions fluorhydriques de diverses concentrations jusqu'à 96 pour 100, mais aucune indication n'a été fournie par l'auteur sur la méthode utilisée.

Le graphique que l'on peut construire à l'aide de ses chiffres présente une anomalie dans la zone la plus intéressante, entre 10 et 40 pour 100.

En 1902 (⁴), Winteler a fait de nouvelles mesures, à l'aide d'un aréo-

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1625.
(²) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 135.
(³) Eckelt, *Z. für angewandte Chemie*, **11**, 1898, p. 298.
(⁴) Winteler, *Z. für angewandte Chemie*, **15**, 1902, p. 33.

mètre en platine, à la température de 20°. Les valeurs trouvées sont différentes de celles de Eckelt, et la courbe que l'on peut tracer fait apparaître d'appréciables divergences avec la précédente. On peut donc considérer que la question n'a pas été résolue, ce qui justifie de nouvelles déterminations.

Nous avons pu opérer dans des conditions très précises en utilisant un flacon à densité en bakélite spéciale, de $5^{cm^3},6$ de capacité, inattaquable par les solutions fluorhydriques jusqu'à une concentration de 54 pour 100, et dont le col est gradué en centièmes de centimètre cube (on évalue au cathétomètre le dixième de division) ([1]).

Pour lever toute cause d'erreur, nous avons effectué les essais préliminaires suivants, à la température de 15°, adoptée pour toutes nos expériences :

1° Les pesées faites au contact de l'air avec cet appareil comportent des variations de 1 à 2/10ᵉ de milligramme.

2° Le contact de la bakélite avec l'eau, prolongé pendant la durée nécessaire pour une expérience, soit 30 minutes, ne fait pas apparaître une différence de poids supérieure à 1 à 2/10ᵉ de milligramme. La même remarque a été faite en employant au lieu d'eau, une solution d'acide fluorhydrique à 54 pour 100.

3° Pour lever toute critique au sujet d'une attaque possible du récipient, le flacon a été pesé vide, avant et après chaque expérience.

Afin d'opérer sur de l'acide fluorhydrique aussi pur que possible, nous avons préparé ce corps par la méthode de Fremy, en décomposant du fluorure suracide de potassium FK.FH dans une cornue munie d'un réfrigérent de cuivre. L'acide anhydre distillé a été recueilli dans une bouteille d'argent contenant de l'eau bidistillée. La distillation étant très lente, la solution obtenue s'est montrée volatile sans résidu dans une capsule de platine. Elle ne contenait ni sel de potassium, ni sel de cuivre, ni silicium.

Les titrages ont été réalisés avec une solution normale de soude pure, exempte de carbonate, préparée par nous-même à partir du sodium, et conservée à l'abri de l'air, dans une atmosphère de gaz inerte.

On a effectué les dosages dans des capsules d'argent en présence de phtaléine. Les prises d'essais de solutions fluorhydriques étant faites à l'aide de pipettes en bakélite fréquemment étalonnées.

---

([1]) Damiens, *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 35, 1924, p. 455.

Nos résultats sont réunis dans le tableau ci-dessous :

La courbe que nous avons tracée est régulière et ne fait pas apparaître d'anomalie comme celle de Eckelt.

| Concentration en FH pour 100 du poids de solution. | Densité à 15°. Chiffres obtenus. | Densité à 15°. Chiffres adoptés. | Concentration en FH pour 100 du poids de solution. | Densité à 15°. Chiffres obtenus. | Densité à 15°. Chiffres adoptés. |
|---|---|---|---|---|---|
| 5,06..... | 1,0169<br>1,0173 | 1,017 | 36,4..... | 1,1342<br>1,1343 | 1,134 |
| 10,1...... | 1,0351<br>1,0352 | 1,035 | 39,9..... | 1,1487<br>1,1492 | 1,149 |
| 15,3...... | 1,0537<br>1,0541 | 1,054 | 42,4..... | 1,1595<br>» | 1,1595 |
| 20,25..... | 1,0725<br>1,0722 | 1,072 | 47,3..... | 1,1792<br>» | 1,179 |
| 26,4...... | 1,0965<br>1,0970 | 1,097 | 48,4..... | 1,1830<br>1,1829 | 1,183 |
| 29,8...... | 1,1084<br>1,1086 | 1,1085 | 53,8..... | 1,2052<br>1,2051 | 1,205 |

CHIMIE PHYSIQUE. — *La diffusion moléculaire de la lumière dans les liquides*. Note de M. **E. Canals**, M<sup></sup>lle **G. Cauquil**, M. **P. Peyrot**, présentée par M. Delépine.

Si l'on éclaire un liquide avec un faisceau de lumière naturelle, la lumière diffusée à 90° du faisceau incident est partiellement polarisée. Elle peut être considérée comme résultant de la superposition de deux vibrations rectangulaires incohérentes, l'une d'intensité maximum I, perpendiculaire au plan de diffusion, l'autre d'intensité maximum $i$ parallèle au rayon incident. On appelle facteur de dépolarisation le rapport $\rho = i/\mathrm{I}$. Pour mesurer $\rho$, on dédouble le faisceau diffusé avec un prisme biréfringent qui sépare les vibrations d'intensité I et $i$. A la suite du biréfringent on place un nicol mobile autour de son axe. Par rotation du nicol on arrive à égaliser les intensités des deux faisceaux. Si $\alpha$ est à ce moment l'angle que fait la section principale du nicol avec la direction du faisceau incident, on a $\rho = \tan^2 \alpha$.

Nos mesures ont été faites par photographie en employant comme source lumineuse la lampe à vapeur de mercure.

Les poussières et la fluorescence des liquides, causes perturbatrices de la mesure de $\rho$, sont éliminées par la distillation des liquides dans le vide sans

ébullition. De plus une cuve de solution sulfurique de sulfate de quinine est toujours placée sur le faisceau primaire et absorbe les radiations excitatrices principales de la fluorescence.

Nos mesures se rapportent à quelques composés organiques. La précision de la mesure est de 2 pour 100 environ.

| | 100 ρ. | | 100 ρ. |
|---|---|---|---|
| Cyclopentane | 11,3 | Cyclopentène | 22,2 |
| | | Méthylcyclopentène-$\Delta_1$ | 33,3 |
| Éthylcyclopentane | 12,0 | Ethylcyclopentène-$\Delta_1$ | 32,0 |
| | | Epoxycyclopentène | 37,5 |
| Cyclohexane | 7,7 | Cyclohexène | 28,9 |
| Méthylcyclohexane | 11,1 | Méthyl-1-cyclohexène-$\Delta_1$ | 31,0 |
| | | Méthyl-3-cyclohexène-$\Delta_1$ | 24,8 |
| Éthylcyclohexane | 15,5 | Éthyl-1-cyclohexène-$\Delta_1$ | 32,0 |
| Diméthyl-1.2-cyclohexane | 10,7 | | |
| Diméthyl-1.3-cyclohexane | 10,8 | | |
| Diméthyl-1.4-cyclohexane | 11,8 | Diméthyl-1.4-cyclohexène-$\Delta_1$ | 32,0 |
| | | Triméthyl-1.3.4-cyclohexène-$\Delta_3$ ou $\Delta_4$ | 36,1 |
| | | Époxycyclohexène | 22,4 |
| Cycloheptane | 11,1 | Cycloheptène | 27,7 |
| Méthylcycloheptane | 17,1 | Méthyl-1-cycloheptène-$\Delta_1$ | 32,6 |
| Cyclooctane | 13,2 | Cyclooctène | 33,3 |
| Méthylcyclooctane | 22,2 | | |
| Bromure de méthyle | 21,7 | Nitrite d'isobutyle | 20,4 |
| Bromure d'éthyle | 26,0 | Nitrate d'isobutyle | 39,0 |
| Chlorure de propyle | 16,2 | Nitrate d'amyle | 41,4 |
| Bromure de propyle | 25,1 | Bromure d'amyle | 25,9 |
| Bromure d'isopropyle | 26,8 | Chlorure d'amyle | 17,3 |
| | | Alcool amylique | 12,5 |

1° La valeur de ρ pour les carbures cyclaniques, contrairement à ce qui se passe dans les carbures à chaîne ouverte (¹), ne croît pas progressivement avec le nombre d'atomes de carbone. Alors que le cyclopentane et le cycloheptane ont approximativement le même facteur de dépolarisation, le cyclohexane et le cyclooctane ont, l'un, un pouvoir de dépolarisation plus faible, l'autre, plus élevé. Cette constatation ne paraît pas être en faveur d'une représentation plane des carbures cyclaniques.

---

(¹) J. Cabannes, *La diffusion moléculaire de la lumière* (*Presses universitaires de France*, 1929, p. 200).

2° En ce qui concerne les carbures cycléniques, nous pouvons faire une observation analogue, il n'y a pas de relation entre ρ et le nombre d'atomes de carbone.

3° Tout comme l'a déjà constaté J. Cabannes, la présence d'une double liaison correspond à un accroissement de la dépolarisation. Nos résultats montrent, que le facteur de dépolarisation le plus élevé des carbures saturés correspond au facteur le plus faible des carbures à double liaison (méthylcyclooctane 22,2 et cyclopentène 22,2).

3° L'introduction dans la molécule d'un radical méthyle ou éthyle dans les carbures cyclaniques provoque une augmentation de ρ d'autant plus forte que le carbure a un plus grand nombre d'atomes de carbone. Une observation identique peut être faite avec les dérivés méthylés des cyclènes, toutefois, selon la position du dérivé méthylé, le facteur de dépolarisation peut diminuer (cyclohexène 28,9; méthyl-1-cyclohexène-$\Delta_1$ 31,0; méthyl-3-cyclohexène-$\Delta_1$ 24,8).

L'augmentation du nombre de radicaux méthylés accroît légèrement ρ.

5° Le facteur de dépolarisation varie selon les dérivés diméthylés considérés. Les dérivés ortho et méta sont peu différents tandis que le dérivé para est nettement plus élevé. Une remarque analogue avait déjà été faite avec les xylènes par Salvaire (*o*-xylène 58,0; *m*-xylène 58,6; *p*-xylène 63,3)..

6° Les éthers-sels étudiés [1] montrent que le facteur de dépolarisation ne varie sensiblement pas avec le radical organique. Par contre, on constate une augmentation très nette avec les différents éthers d'un même alcool en suivant l'ordre : Cl, Br, $NO^2$, $NO^3$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hydrolyse des solutions de chlorure stannique.* Note de M. **Jules Guéron**, présentée par M. G. Urbain.

Dans des Communications précédentes [2] j'ai précisé la description de l'évolution des solutions aqueuses de chlorure stannique. Je donnerai ici des résultats relatifs à l'état final des systèmes ainsi obtenus.

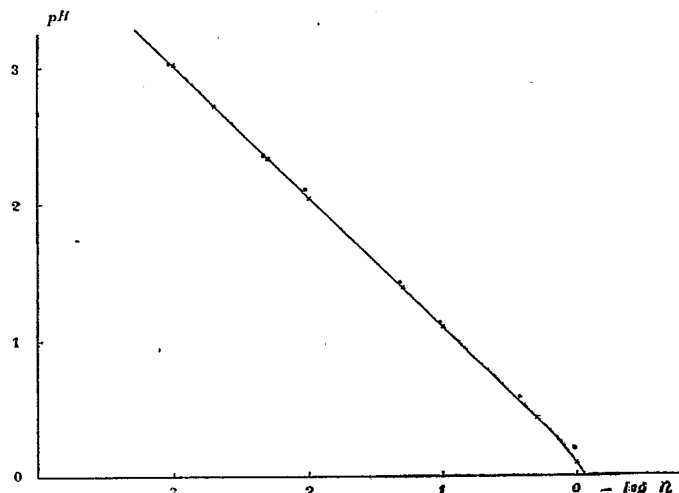
La figure ci-après représente, en fonction du cologarithme de la nor-

---

[1] Quelques-uns de ces éthers-sels ont déjà été étudiés par Krishuau. Nos résultats concordent avec ceux de cet auteur (voir J. Cabannes, *loc. cit.*).

[2] *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 247; *Bull. Soc. chim.*, **53**, 1933, p. 1158.

malité, le pH final de solutions de chlorure stannique dont la concentration varie de 0,94 à 0,00094 $n$ (mesures après 80 jours d'évolution à $20 \pm 5°$; points ronds). La courbe, jalonnée par des croix, indique le pH de solutions d'acide chlorhydrique pur, calculé à partir des coefficients d'activité (à 25°) donnés par G. Scatchard ([1]). Jusqu'à la concentration de 0,3 $n$ environ, le pH final des solutions de chlorure stannique est le même que celui de l'acide chlorhydrique pur de même normalité. On peut donc dire que, dans ce




domaine de concentration, l'hydrolyse du chlorure stannique est totale, aux erreurs de mesure près, soit 4 à 5 pour 100 ([2]). Ceci est corroboré par les dosages d'étain; après ultrafiltration, la concentration en étain de la solution tombe à moins du millième de sa valeur initiale.

Les dosages de chlore sont d'interprétation moins immédiate. J'ai déjà signalé que la concentration en chlore de la solution obtenue après séparation de la phase solide dépend du procédé de séparation employé. Par centrifugation à 3000 t/min pendant une heure, on retrouve la teneur en chlore qu'avait la solution aussitôt après sa préparation. Par dépôt spontané, il y a, au contraire, un déficit de 2 pour 100 environ sur ce nombre, déficit qui demeure si la centrifugation est plus courte (10 minutes à 3000 tours), ou plus lente (8 heures à 1500 tours). Les 3 dépôts ainsi

---

([1]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 641.

([2]) La mesure électrométrique du pH, faite à 1 mV. près, donne une précision de 0,02 pH environ. Donc :

$$0,02 = \delta \mathrm{pH} = |\delta \log[\mathrm{H}]| = \frac{1}{2,32}\frac{\delta[\mathrm{H}]}{[\mathrm{H}]}; \qquad \text{d'où} \qquad \frac{\delta[\mathrm{H}]}{[\mathrm{H}]} = 4,6 \text{ pour } 100$$

obtenus par centrifugation ont, à fort peu près, le même volume, beaucoup plus faible que celui du dépôt spontanément séparé : il n'y a donc pas lieu de faire intervenir une correction relative au volume occupé par les particules, ou au volume de solvant qui les gonfle. Le chlore qui peut ainsi ou rester lié aux micelles ou passer en solution apparaît (comme le montrent des dosages alcalimétriques) sous forme d'acide chlorhydrique, ce que l'on pouvait aisément prévoir. Mais ces variations d'acidité doivent, d'après la remarque précédente, échapper aux mesures courantes de pH : en effet la solution brute et les diverses solutions claires ci-dessus définies ont le même pH, à 0,02 près.

Ces faits permettent d'étayer une représentation plausible des micelles spontanément formées dans les solutions de chlorure stannique. Elles seraient finalement constituées par un granule d'oxyde stannique hydraté, exempt de chlore (à 0,5 pour 100 près), positivement chargé par les ions $Sn^{++++}$ qu'il a tendance à émettre. Autour de ce granule, une pellicule liquide contient la charge négative de la couche double, sous forme d'une atmosphère d'anions, principalement d'ions $Cl^-$. Par centrifugation, les micelles sont rassemblées, puis, si la vitesse et la durée de la centrifugation sont suffisantes, elles sont, en quelque sorte, exprimées, et les ions $Cl^-$ de la couche double se répartissent dans le liquide intermicellaire, cessant ainsi d'échapper à l'analyse chimique. Ce liquide devient en même temps plus acide, ce qui laisse penser que des ions $OH^-$ se substituent aux ions $Cl^-$ dans la couche double dont la nature se trouve ainsi modifiée (¹). La prépondérance primitive des ions $Cl^-$ peut aisément s'expliquer : le produit primaire d'hydrolyse est un oxychlorure qui, avec le temps, avant de pouvoir être arrêté par les ultrafiltres, ou rassemblé par la centrifugeuse, perd de l'acide chlorhydrique, par condensation ou par hydrolyse (²). On admet volontiers que les granules, ainsi formés par une réaction hétérogène libérant sur place des ions $Cl^-$, voient ceux-ci rester, d'abord, concentrés à leur voisinage (³).

---

(¹) Le précipité subit en effet un changement : si, par simple agitation, on le remet en suspension dans le liquide dont il a été séparé, et qu'on le laisse alors déposer de lui-même, il ne réabsorbe pas de chlore. Dans le langage d'une théorie d'adsorption, on pourrait dire qu'il y a eu diminution de la surface du précipité par agglomération mécanique, et, de ce fait, désorption d'acide chlorhydrique.

(²) *Loc. cit.*

(³) Il est probable qu'au bout d'un temps assez long, la simple diffusion amènerait à l'état que fournit, dans un court délai, une centrifugation énergique. L'étude de solutions âgées de 6 mois et plus parle en faveur de cette idée.

Par un mécanisme tout à fait analogue à celui qui vient d'être décrit, Mc Bain et Mc Clatchie [1] ont rendu compte des changements observés dans la composition de l'ultrafiltrat d'un sol d'oxyde ferrique à mesure que l'on change la pression de filtration.

On voit combien il serait incorrect de traduire ces résultats analytiques en degré d'hydrolyse à telle concentration et à telle température, comme on le fait trop souvent. Il parait imprudent de transporter ainsi dans le domaine colloïdal cette notion formée à propos des cristalloïdes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les critères de pureté de la digitaline cristallisée (digitoxoside).* Note [2] de MM. **R. Charonnat** et **L. Deglaude**, présentée par M. A. Béhal.

Bien que la *digitaline*, découverte par Nativelle dans les feuilles sèches de *Digitalis purpurea* (*digitoxine* des auteurs allemands, *digitoxoside*), soit une espèce chimique définie et un des médicaments les plus actifs, on n'a pas encore donné de critère précis de sa pureté; il en est résulté de nombreuses discussions sur l'identité de ce glucoside. A l'heure où l'on vient de découvrir dans les feuilles fraîches de la même plante et dans les feuilles sèches ou fraîches d'une espèce voisine, des glucosides analogues, nous croyons utile de mieux définir ce médicament essentiel de la thérapeutique cardiaque.

Le *degré de solubilité* dans les solvants usuels et les *réactions colorées* classiques donnent une idée, mais imparfaite, de la qualité de la digitaline.

L'*analyse élémentaire* d'un glucoside aussi complexe est de réalisation délicate; on mesurera la difficulté de son interprétation en rappelant que dix formules brutes différentes ont été successivement attribuées à cette substance et que la formule admise aujourd'hui, celle de Windaus, établie d'abord sur la combustion de la digitoxine, a été rectifiée après étude de l'aglucone.

La détermination du *point de fusion*, qui est en général un bon indice de pureté des substances organiques, n'apporte ici aucune certitude. Les mesures effectuées au tube capillaire dépendent trop des conditions de chauffage pour être retenues; des traces de solvants, difficiles à éliminer, suffisent à modifier sensiblement le point de fusion instantanée.

---

(1) J. W. Mc Bain et W. L. Mc Clatchie, *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1315.

(2) Séance du 22 janvier 1934.

Renonçant au contrôle physicochimique on a proposé des *essais pharmacodynamiques* et notamment la recherche de la dose léthale minima chez l'animal.

Plus précise et moins dispendieuse est la mesure du *pouvoir rotatoire*. Les nombreux mémoires consacrés à l'étude de la digitoxine, les traités ou pharmacopées qui la décrivent ne portent aucune indication de son activité optique; par contre celle de ses produits d'hydrolyse, la digitoxigénine et le digitoxose, a été mesurée à plusieurs reprises. Nous nous sommes préoccupés : 1° de mesurer dans différentes conditions le pouvoir rotatoire spécifique de la digitoxine la plus pure; 2° de rechercher l'influence des impuretés éventuelles des produits commerciaux sur ce pouvoir rotatoire.

I. Dans un lot de digitalines cristallisées d'origines diverses, nous avons choisi celle qui nous a paru la plus pure. Nous sommes partis d'un échantillon de $25^g$ (fusion au bloc Maquenne à 274°; $[\alpha]_D^{21} = +16°,8$ en solution chloroformique à 2,03 pour 100); nous l'avons fractionné selon la technique utilisée par Windaus [1] pour isoler la digitoxine pure (dissolution dans le chloroforme et précipitation par l'éther); nous avons employé des solvants purs, anhydres; le produit a été divisé ainsi en trois fractions et le traitement répété sur chaque fraction.

La quasi-totalité s'est montrée constituée par un produit unique : fusion instantanée à 276°; pouvoir rotatoire mesuré en solution chloroformique ($p = 0,5524^g$; $v = 10^{cm^3}$; $l = 2^{dm}$; $t = 16°$)

$$[\alpha] = +17°,2; \quad [\alpha]_{5780} = +18°,2; \quad [\alpha]_{5461} = +21°,1; \quad [\alpha]_{4917} = +28°.$$

Dans la pyridine, où la digitoxine est très soluble (plus de 20 pour 100), on observe une curieuse inversion ($[\alpha]_D^{17} = -5°,7$) qui paraît liée à la fonction lactone, car elle s'obtient aussi avec la digitoxigénine ($[\alpha]_D^{18} = +18°,1$ dans le méthanol et $-22°,7$ dans la pyridine); l'addition d'éther à la solution pyridique permet de récupérer le digitoxoside dextrogyre.

En solution dans l'alcool chlorhydrique il y a, par contre, une exaltation du pouvoir rotatoire : $[\alpha]_D^{16} = +22°,5$, que l'hydrolyse à froid ne modifie guère.

II. Au cours du fractionnement ci-dessus nous avons pu isoler une petite quantité de glucosides différents, l'un peu soluble dans le chloroforme, fusible à 277° (environ 1 pour 100), l'autre plus soluble que la digitoxine, fusible vers 170° (environ 2 pour 100). L'action du second sur le cœur de

---

(1) A. WINDAUS et C. FREESE, *Ber. d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 2503.

grenouille révèle à l'électrocardiogramme les mêmes caractéristiques que celle de la digitoxine à des doses comparables.

Dans la purification industrielle on élimine la gitoxine, inactive sur la lumière polarisée ([1]) et susceptible par conséquent d'altérer le pouvoir rotatoire. Le produit moins soluble que nous avons séparé l'abaisse aussi ($[\alpha]_D^{1}$ = + 16°,2 pour la fraction qui l'a fourni).

Nous avons enfin examiné un résidu industriel extrait de la digitoxine avant sa purification définitive; nous en avons retiré une huile et une flavone sans pouvoir rotatoire et trois sapogénines fortement lévogyres : $[\alpha]_D$ de — 64 à — 68°; leur présence dans la digitoxine en abaisserait considérablement le pouvoir rotatoire; elles peuvent d'ailleurs être recherchées directement par la coloration rouge violacée qu'elles développent à 100° au sein de l'acide phosphorique à 85 pour 100 en présence de vanilline, alors que la digitoxine pure ne donne qu'une coloration brune.

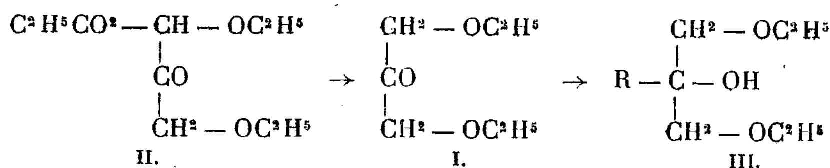
Nos recherches confirment donc l'existence d'une digitaline cristallisée bien définie; son pouvoir rotatoire spécifique, facile à déterminer, est très sensible à l'influence des impuretés éventuelles.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles méthodes de préparation de la diéthoxyacétone et des αά diéthylines β substituées.* Note de MM. **G. Darzens** et **Maxence Meyer**, présentée par M. Béhal.

La diéthoxyacétone (formule I) a été préparée pour la première fois par E. Grimaud et L. Lefèvre ([2]) en saponifiant à froid l'ester diéthoxyacétylacétique (formule II) par la quantité strictement équivalente de potasse caustique en solution étendue à 2,5 pour 100 et en libérant ensuite l'acide correspondant qui se décompose aussitôt avec dégagement de $CO^2$. Ce procédé ne donnait que 20 à 25 pour 100 de rendement et, d'autre part, la préparation de l'ester diéthoxyacétylacétique par l'action du sodium sur l'esther éthoxyacétique telle qu'elle a été donnée par Conrad ([3]) ne donne également que des rendements assez médiocres. Malgré quelques perfectionnements apportés dans sa préparation par A. Erlenbach ([4]) la

([1]) A. Windaus, K. Westphal et G. Stein, *Ber. d. chem. Ges.*, 61, 1928, p. 1847.
([2]) *Comptes rendus*, 107, 1888, p. 914, et *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 1, 1889, p. 11.
([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, 11, 1878, p. 59.
([4]) *Annalen der Chemie*, 269, 1892, p. 28.

diéthoxyacétone était donc une matière première difficilement accessible, et pour cette raison elle n'a pas été utilisée comme point de départ de synthèses malgré les possibilités évidentes qu'elle présente.



Nous avons repris l'étude de la préparation tant de l'ester diéthoxyacétylacétique que de celle de la diéthoxyacétone et nous sommes parvenus à les réaliser avec des rendements élevés ce qui nous a permis d'entreprendre avec cette dernière toute une série de réactions de synthèse dont nous publions ici les premiers résultats. Elles concernent l'action des dérivés organomagnésiens qui permet d'obtenir avec facilité les $\alpha\alpha$ diéthylines des glycérines $\beta$ substituées.

La condensation de deux molécules d'éthoxyacétate d'éthyle en ester diéthoxyacétylacétique se fait le mieux par l'éthylate de sodium sec en présence de toluène et en opérant de la manière suivante :

On prépare l'éthylate sec en dissolvant dans un ballon $24^g$ de sodium dans $400^g$ d'alcool absolu et en distillant l'alcool, d'abord à la pression ordinaire, puis dans le vide en chauffant au bain d'huile à 180°. Après refroidissement complet dans le vide on recouvre cet éthylate de $400^g$ de toluène sec et l'on y ajoute $264^g$ ($2^{mol}$) d'éthoxyacétate d'éthyle. L'éthylate se dissout et l'on abandonne le tout pendant 24 heures. On distille ensuite à l'aide d'une bonne colonne Vigreux environ $300^g$ de toluène qui entraîne la majeure partie de l'alcool provenant de la condensation. On rajoute $300^g$ de toluène sec et on laisse encore en contact 24 heures. On ajoute alors $65^g$ d'acide acétique, on reprend par l'eau, lave la solution toluénique, décante, sèche sur $Na^2SO^4$, distille le toluène et rectifie au vide. Le rendement est de $165^g$ d'ester diéthoxyacétylacétique, soit 75 pour 100 de la théorie.

En ce qui concerne la saponification de cet éther pour le transformer en diéthoxyacétone, nous avons trouvé qu'elle se réalise avec un rendement de 85 pour 100 avec l'eau seule en présence d'une petite quantité de carbonate de potasse comme catalyseur.

On fait bouillir à l'ascendant pendant 5 heures $2^l$ d'eau, $218^g$ d'ester diéthoxyacétylacétique et $70^g$ de carbonate de potasse. On distille à sec et l'on dissout dans le distillat $400^g$ de carbonate de potasse. La diéthoxyacétone décante et on la sépare par quatre épuisements à l'éther. La solution éthérée est séchée et distillée, le rendement est de $125^g$ de diéthoxyacétone qui distille à 195° et 94°-95° sous $15^{mm}$ et donne une semicarbazone fondant à 91°.

Les dérivés organomagnésiens réagissent avec la plus grande facilité sur la diéthoxyacétone pour donner des diéthylines (formule III). On opère de la façon suivante :

On prépare suivant la technique habituelle un dérivé éthéromagnésien de Grignard en ayant soin de prendre des proportions convenables pour en avoir une molécule plus 5 pour 100. Après l'avoir refroidi avec de la glace et du sel, on y écoule goutte à goutte une solution d'une molécule de diéthoxyacétone dans cinq fois son poids d'éther. On agite de temps en temps. La réaction est très vive et il se forme généralement un précipité. On reprend par l'eau glacée additionnée d'acide acétique et l'on termine suivant la technique habituelle. Les rendements sont généralement très satisfaisants.

Nous avons ainsi obtenu : la méthyldiéthyline distillant à 73-74° sous $20^{mm}$, l'isobutyldiéthyline distillant à 110° sous $25^{mm}$, la benzyldiéthyline distillant à 154° sous $5^{mm}$, l'anisyldiéthyline distillant à 149° sous $2^{mm}$, la cyclohexyldiéthyline distillant à 160° sous $15^{mm}$.

M. Sommelet [1] a déjà préparé l'isobutyldiéthyline par une tout autre méthode : la condensation de l'éther chlorométhylique $ClCH^2 — O — C^2H^5$ sur les éthers-sels par le magnésium amalgamé. Mais cette méthode ne donne que de faibles rendements et elle est d'une application beaucoup moins générale.

Nous nous proposons de continuer ce travail en utilisant plus particulièrement les diéthylines ainsi obtenues à de nouvelles synthèses, particulièrement à leur transformation en aldéhydes par la méthode de Sommelet ou leur emploi pour l'obtention de quinoléines β substituées par condensation avec les anilines.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide hypochloreux sur le 1-méthyl-$\Delta_3$-cyclohexène actif.* Note de MM. **Marcel Godchot**, **Max Mousseron** et **Robert Granger**, présentée par M. Delépine.

Poursuivant nos recherches sur les composés optiquement actifs dans la série cyclanique, il nous a paru intéressant d'étudier l'action de l'acide hypochloreux sur le 1-méthyl-$\Delta_3$-cyclohexène actif.

I. 1-*Méthyl-$\Delta_3$-cyclohexène actif.* — Déjà signalé par divers chimistes,

---

(1) *Annales Chim. Phys.*, 8e série, 9, 1906, p. 539.

tels que Zelinsky [1], Markownikoff [2], Zelikow [3], ce carbure est obtenu par déshydratation du 1-méthyl-3-cyclohexanol actif, préparé lui-même par hydrogénation à l'aide d'éther aqueux et de sodium de la 1-méthyl-3-cyclohexanone retirée de la pulégone. Par chauffage du méthylcyclohexanol actif en présence de 2 pour 100 d'acide sulfurique, on obtient le carbure brut; on le soumet à une série de distillations fractionnées à l'aide d'une colonne de $1^m,50$ de hauteur remplie de perles de verre et suivie d'un rétrogradateur [4]; on constate alors qu'il contient 95 pour 100 de 1-méthyl-$\Delta_3$-cyclohexène attendu et 5 pour 100 de 1-méthyl-$\Delta_2$-cyclohexène, ce dernier entrevu seulement par Markownikoff; examinés, ces deux carbures nous ont fourni les constantes suivantes :

| | $Eb_{743}$. | $d_{14}$. | $n_{14}^D$. | $[\alpha]_{579}$. | $[\alpha]_{546}$. | $[\alpha]_{436}$. | $\frac{\alpha_{436}}{\alpha_{546}}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1-méthyl-$\Delta_3$-cyclohexène. | 102°,5 | 0,805 | 1,4445 | 106°,19 | 121°,11 | 210°,73 | 1,740 |
| 1-méthyl-$\Delta_2$-cyclohexène. | 104 | 0,803 | 1,4459 | 80°,44 | 91°,90 | 159°,90 | 1,739 |

Oxydés par le permanganate en solution diluée, le premier donne l'acide β-méthyladipique déjà connu ($F = 88°$, $\alpha_D = +8°,50$); l'autre, probablement l'acide α-méthyladipique actif non isolé jusqu'ici.

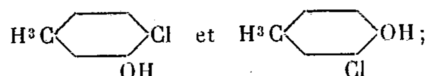
II. *Méthylhydroxychlorocyclohexanes.* — L'action de l'acide hypochloreux selon le procédé de Béhal et Detœuf [5] nous a fourni une chlorhydrine brute constituée par un mélange de quatre isomères répondant tous à la constitution d'une chlorhydrine du méthylcyclohexène ($C^7H^{13}OCl$). Markownikoff autrefois n'avait signalé que l'existence d'un composé qui, d'après nous, devait être un mélange. Pour séparer ces corps, on ne pouvait songer à le faire qu'en utilisant une excellente colonne à rectification, modèle simplifiée de celle de Podbielniak [6] et composée d'un tube de $1^m,20$ de hauteur renfermant une spirale d'acier inoxydable. Un grand nombre de distillations nous a permis d'obtenir l'isolement des quatre chlorhydrines dont la pureté est caractérisée par un pouvoir rotatoire invariable et par l'analyse; les constantes physiques sont consignées ci-après :

(1) *D. ch. Ges.*, **35**, 1902, p. 2488.
(2) *Annalen der Chemie*, **336**, 1904, p. 314.
(3) *D. ch. Ges.*, **37**, 1904, p. 1377.
(4) Jaulmes, *Thèse de Sciences*, Montpellier, 1932.
(5) *Comptes rendus*, **153**, 1911, p. 1229.
(6) *Industrial Chemistry*, 1933, p. 119.

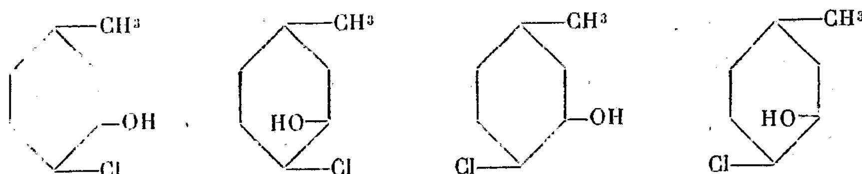
| | $Eb_{16}$. | $d_{16}$. | $n^{D}_{16}$. | $\eta_{16}$. | $[\alpha]_{546}$. | $[\alpha]_{436}$. | $\frac{\alpha_{436}}{\alpha_{546}}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A...... | 79° | 1,120 | 1,4832 | 0,0323 | +20°,14 | +33°,89 | 1,682 |
| B...... | 91 | 1,113 | 1,4839 | 0,2292 | — 6,32 | —10,42 | 1,647 |
| C...... | 93 | 1,107 | 1,4861 | 0,5557 | + 4,21 | + 6,91 | 1,643 |
| D...... | 95 | 1,110 | 1,4848 | 0,5960 | +11,15 | +18,50 | 1,659 |

Notons la variation très importante des viscosités et des pouvoirs rotatoires.

Quelle est la constitution de ces quatre chlorhydrines? L'acide hypochloreux peut se fixer de deux façons :




à chacun de ces composés correspondent quatre stéréoisomères possibles. On sait d'autre part, d'après les travaux de Bieber (¹), de Kotz et Steihorst (²), de l'un de nous et de Bedos (³), que, dans cette réaction, le chlore se place le plus loin possible du groupe méthyle; s'il en est toujours ainsi, et nous nous proposons de le vérifier à nouveau, les quatre corps A, B, C, D peuvent être représentés par les quatre formules de constitution suivantes :



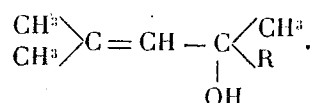

ces quatre chlorhydrines étant les composés cis et trans prévus par la théorie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques alcools tertiaires dérivés de l'oxyde de mésityle.* Note de M. **René Jacquemain**, présentée par M. Delépine.

L'oxyde de mésityle traité par les magnésiens doit donner, ainsi que la théorie le fait prévoir, une série d'alcools tertiaires répondant à la formule

(¹) *Thèse*, Gœttingen, 1906.
(²) *Annalen der Chemie*, **379**, 1911, p. 20.
(³) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1184.

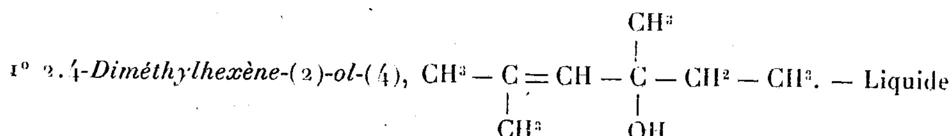
générale



Seul le premier terme de cette série avait été préparé par Fellenberg (¹), Le 2.4-diméthyl-pentène-(2)-ol-(4) est un liquide d'odeur camphrée, $Éb_{14} = 46°$.

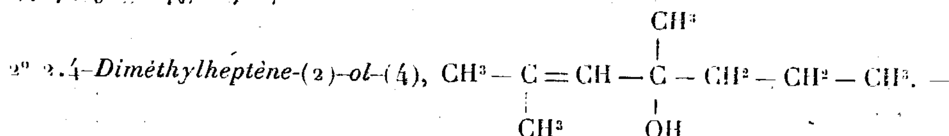
Pour obtenir quelques homologues supérieurs, j'ai fait réagir sur l'oxyde de mésityle le bromure d'éthylmagnésium, le bromure de *n*-propylmagnésium, le bromure de *n*-butylmagnésium.

La condensation de l'organomagnésien et de l'oxyde de mésityle se fait normalement. Cependant, pour obtenir finalement l'alcool tertiaire cherché, on doit éviter d'utiliser les iodures d'alcoyles et de catalyser par l'iode l'attaque du magnésium, l'alcool obtenu dans ces conditions se déshydratant en majeure partie lors de la rectification. Le magnésien est titré par la méthode de Job et Reich. La condensation de l'oxyde de mésityle est assez violente et il est nécessaire de refroidir. Après décomposition, la solution éthérée est rendue parfaitement neutre par agitation avec du carbonate de sodium, puis séchée sur du sulfate de sodium. L'éther est chassé sous un vide léger puis on distille le résidu dans le vide en utilisant une colonne de Vigreux de 20cm de pointes. Il est nécessaire pour obtenir un produit pur de faire trois à quatre rectifications. J'ai obtenu :



1° 2.4-*Diméthylhexène-(2)-ol-(4)*, $CH^3 - C(CH^3) = CH - C(CH^3)(OH) - CH^2 - CH^3$. — Liquide incolore, odeur agréable de menthe un peu camphrée. $Éb_{3-6} = 48°-50°$; $d_0 = 0,8747$; $d_4^{17,2} = 0,8600$; $n_D^{17,2} = 1,4460$; R. $M_D$ tr. 39,73; R. $M_D$ calc. 40,20.

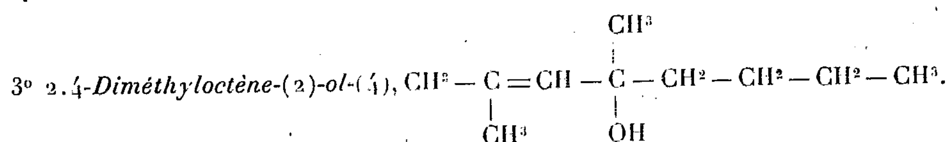
Calculé pour $C^8H^{16}O$ : P. M., 128; C %, 75; H %, 12,5. Trouvé : P. M., 126-129; C %, 74,92; H %, 12,86;



2° 2.4-*Diméthylheptène-(2)-ol-(4)*, $CH^3 - C(CH^3) = CH - C(CH^3)(OH) - CH^2 - CH^2 - CH^3$. — Liquide huileux incolore, à odeur d'anis et de menthe. $Éb_{5-6} = 66°-68°$; $d_0 = 0,8641$; $d_4^{16,6} = 0,8508$; $n_D^{16,6} = 1,4500$; R. $M_D$ tr. 44,89; R. $M_D$ calc. 44,82.

Calculé pour $C^9H^{18}O$ : P. M., 142; C %, 76,05; H %, 12,67. Trouvé : P. M. 141-142; C %, 76,02; H %, 12,85.

(¹) FELLENBERG, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 3578.



3° 2.4-*Diméthyloctène-(2)-ol-(4)*, $CH^3-C(CH^3)=CH-C(CH^3)(OH)-CH^2-CH^2-CH^2-CH^3$.

— Liquide huileux incolore, d'odeur anisée. $Éb_{5,5-3}=78°,5$-$80°,5$; $d_0=0,8603$; $d_4^{19,2}=0,8447$; $n_D^{19,2}=1,4507$; R. $M_D$ tr. 49,74; R. $M_D$ calc. 49,43. Calculé pour $C^{10}H^{20}O$ : P. M. 156; C %, 76,92, H %, 12,82. Trouvé : P. M. 155-157; C %, 77,08; H %, 13,17.

Ces alcools sont caractérisés par une grande facilité de déshydratation. Un chauffage un peu prolongé sous une pression légèrement supérieure à celle indiquée pour la rectification, provoque la perte d'une molécule d'eau avec obtention d'un carbure diéthylénique. Ceci a déjà été signalé par le premier terme par M. Grignard [1]. J'étudie actuellement ces carbures.

Il est à remarquer que sous l'influence du temps, l'alcool brut se déshydrate lentement, mais que l'alcool pur peut être conservé plus de six mois sans variation de son indice de réfraction.

Par action de l'isocyanate de phényle sur ces alcools (en proportions équimoléculaires), on obtient en quelques heures, à froid, de belles aiguilles. Après recristallisation dans l'alcool éthylique, ces aiguilles fondent, quel que soit l'alcool tertiaire, entre 235° et 240°. Il n'y a donc pas formation de phényluréthane mais de diphénylurée (F. 235°) obtenue par suite de la déshydratation de l'alcool par l'isocyanate de phényle.

L'identification de la diphénylurée est vérifiée par un dosage d'azote. Calculé pour $C^{13}H^{12}N^2O$; N %, 13,20. Trouvé : N %, 13,28.

MINÉRALOGIE. — *Nouvelles observations sur les minéraux du bassin du Niari (A. É. F.)*. Note de MM. **V. Lebedeff** et **G. Choubert**.

Au cours d'une mission d'études aux gisements métallifères du bassin du Niari effectuée en 1933, un de nous (V. L.) a pu récolter une collection minéralogique importante et très variée. L'étude de cette collection a révélé la présence d'une série de minéraux nouveaux ou rares pour la région. Les minéraux décrits dans cette Note proviennent du gisement de M. Fouati, situé sur la rive droite du Lutété, affluent gauche du Niari.

Ce gîte se trouve dans des calcaires redressés et écrasés qui appartiennent

(1) Grignard, *Ann. de Chim.*, 7e série, 24, 1901, p. 477.

à la série schisto-calcaire (¹). La direction moyenne des couches est environ E-W et leur pendage vers le Sud qui est généralement très fort, peut par endroits dépasser même la verticale.

La minéralisation est très complexe. La masse principale du minerai est formée par de la *calamine* compacte ou en cristaux translucides fibreux ou lamellaires et par de la *smithsonite* en croûtes souvent zonées. Elles sont accompagnées de minéraux très variés de Zn, de Pb et de Cu, tels que la willémite, la galène, la cérusite, la calcosine, la malachite, le dioptase, etc. Outre ces minéraux, communs dans les gisements du bassin du Niari, nous avons reconnu la descloizite, la vanadinite, la phosgénite et la wulfénite.

La *descloizite* a été déjà observée par M. A. Lacroix dans le gisement de Renéville, où elle accompagnait la dioptase. Les cristaux récoltés à M'Fouati sont exceptionnellement grands et peuvent atteindre jusqu'à 6$^{mm}$ de plus grande dimension.

La plupart des cristaux de ce minéral qui est orthorhombique se présentent sous forme d'octaèdres $b^{\frac{1}{2}}$ accompagnés parfois du prisme *m* très court. Quelques individus montrent aussi des petites facettes $g^2$. Ainsi, à l'exception des troncatures $a_2$, les formes observées par M. A. Lacroix dans le gisement de Saïda (Algérie) (²) se retrouvent à M'Fouati. Les mesures des angles ont donné les résultats suivants, qui, malgré leur peu de précision (30′ en moyenne), due à l'imperfection des faces ou à leur légère courbure, permettent de reconnaître les valeurs des angles théoriques :

| | Angles calculés. | Angles mesurés. | |
|---|---|---|---|
| $mm$ (sur $g^1$) | 64°.22′ | 65°. 0′ | – |
| $mg^2$ | 150. 5 | 150. 0 | 149°.40′ |
| $mb^{\frac{1}{2}}$ | 147. 0 | 146.40 | – |
| $b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}$ (côté) | 89.40 | 89.20 | – |
| $b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}$ (sur $m$) | 114. 0 | 113.30 | – |

(¹) V. Babet, *Étude géologique de la zone du chemin de fer Congo-Océan et de la région minière de Niari et du Djoué*. Paris, Larose, 1929, p. 61-69 et 100; *Observations géologiques dans la partie méridionale de l'A. E. F.* Paris, 1932, p. 97-103 et 132.

(²) A. Lacroix, *Bull. Soc. fr. Min.*, 31, 1908, p. 44-46; *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, 4, 1910, p. 427-429.

Des essais chimiques qualitatifs ont confirmé cette détermination.

Les cristaux de descloizite sont généralement implantés sur la vanadinite et la pyromorphite. L'ordre de dépôt de ces sels est donc inverse de celui que M. A. Lacroix a constaté à Saïda.

La *vanadinite* de M. Fouati mérite aussi d'attirer l'attention. Elle est recouverte d'une mince croûte de pyromorphite, ce qui lui donne une couleur jaunâtre ou même blanche. Cette coloration pourrait prêter à confusion si ce n'était la forme caractéristique des cristaux de vanadinite : prisme hexagonal avec troncatures $a^1$ que les cristaux de pyromorphite ne possèdent qu'exceptionnellement. Si l'on enlève la croûte de phosphate, la couleur rouge orangé caractéristique de la vanadinite réapparaît et permet de reconnaître l'espèce minérale. Des essais qualitatifs pour la recherche du vanadium ont donné les mêmes résultats que pour la descloizite.

Les prismes de vanadinite se trouvent dans les cavités des masses cristallines caverneuses du même minéral, constituées par des cristaux enchevêtrés de grandes dimensions (plus d'un centimètre) qui se sont rencontrés pendant leur croissance et ont été ressoudés par des venues minéralisées successives. Dans d'autres cas des blocs de terre rouge, plus ou moins consistante, sont tapissés de petits cristaux de pyromorphite au-dessus desquels se dressent de beaux prismes hexagonaux de vanadinite pouvant atteindre $6^{mm}$ de longueur. La terre rouge, qui les supporte, donne faiblement la réaction du vanadium avec $H^2O^2$ en solution nitrique.

Ces minéraux de même que les terres rouges et noires imprégnées de vanadates qui les accompagnent forment des nids et des poches dans le minerai calaminaire de M'Fouati.

Les autres minéraux intéressants à signaler sont les suivants :

1° la *phosgénite*, qui se trouve généralement associée à la cérusite et qui forme des cristaux d'assez grandes dimensions (plusieurs centimètres) de couleur jaunâtre, ils ne présentent pas de formes géométriques très nettes. Leurs caractères optiques (uniaxe, négatif) et leur densité (6,74) ont été vérifiés;

2° la *wulfénite*, qui a été rencontrée dans des blocs compacts rouges d'un minerai plombo-zincifère de surface. Elle se présente en beaux cristaux quadratiques tabulaires d'un jaune caractéristique qui sont parfois admirablement conservés.

GÉOLOGIE. — *Sur l'affleurement du socle ancien des Petites Antilles dans l'île de la Désirade (Guadeloupe).* Note de M. L. BARRABÉ.

L'île de la Désirade, la plus orientale des dépendances de la Guadeloupe, située à $5^{km}$ au large des côtes de la Grande-Terre, a toujours été considérée jusqu'ici comme entièrement calcaire. En réalité, sa constitution est beaucoup plus complexe.

La Désirade est longue de $11^{km}$ suivant une direction WSW-ENE, et large de $1^{km},5$ à $2^{km}$. Sa partie centrale est occupée par un plateau qui s'abaisse doucement du Sud-Ouest ($270^{m}$) au Nord-Est ($200^{m}$ environ) et qui est bordé de toutes parts par des escarpements particulièrement abrupts au Nord. L'extrémité occidentale de l'île est accidentée de collines peu élevées ($150^{m}$ au maximum) et aux pentes beaucoup moins raides que les flancs du plateau central. Enfin, l'extrémité orientale est occupée par un plateau vallonné, aux versants assez doux, sauf au Nord où il est bordé par une falaise de $60^{m}$ de hauteur moyenne.

Des calcaires, probablement miocènes, généralement riches en *Lithophyllum*, *Amphiroa* et Amphistégines, constituent la presque totalité de la partie occidentale de la Désirade; ils s'ennoient au Sud sous les sables littoraux et c'est seulement en bordure de la côte nord que le substratum de ces calcaires apparaît. Dans la partie centrale de l'île, les mêmes calcaires forment une table épaisse de $50^{m}$ en moyenne qui couronne le plateau et qui se raccorde semble-t-il, par une flexure-faille, avec les calcaires de la partie occidentale de l'île. Enfin, dans la partie orientale, la couverture calcaire est absente et il n'existe à la surface du plateau que quelques témoins d'un conglomérat à galets de roches éruptives et à ciment calcaire qui représente la base du Miocène.

En bordure de la côte nord de l'île, depuis la Pointe Frégate, à l'Ouest, jusqu'à l'extrémité est du plateau central, le substratum des calcaires miocènes est constitué par un massif éruptif sillonné par de nombreux filons discontinus et de teinte sombre. La roche qui le constitue renferme très peu d'orthose et beaucoup de plagioclases (andésine) avec de la hornblende verte en partie chloritisée; on peut donc la considérer comme un diorite quartzifère ou granodiorite. Parfois d'ailleurs le quartz est peu abondant. La zone profonde du massif, laquelle affleure au milieu de la côte nord, au lieudit la Rivière, est formée par un granodiorite à grain

moyen, tandis qu'au-dessus et de part et d'autre le grain devient très fin et la roche tend vers un microgranodiorite. Les filons sombres sont presque tous constitués par une dolérite quartzifère fortement chloritisée et épidotisée.

Dans l'extrémité orientale de l'île, le substratum des calcaires affleure très largement et comporte surtout des roches volcaniques, en particulier des andésites et des rhyolites avec quelques intercalations de tufs (Nord-Est du phare). Cependant au Nord de Baie Mahault et de la Léproserie affleure une roche verdâtre, traversée par d'innombrables filonnets de quartz blanc et qui paraît être une roche volcanique ou un tuf métamorphisé. Le bord sud du plateau central est constitué par les mêmes roches que le plateau oriental, j'y ai recueilli en outre des obsidiennes dévitrifiées. Toutes ces roches sont rubéfiées et parfois latéritisées, ce qui donne à ce versant un aspect bien différent de celui de l'escarpement nord.

*Ainsi, sous les calcaires miocènes de la Désirade, dont l'épaisseur ne dépasse pas* 150$^{m}$, *émerge un socle antémiocène comportant un massif intrusif granodioritique et des coulées andésitiques et rhyolitiques contemporaines vraisemblablement de cette intrusion*, les filons lamprophyriques du massif ayant pu donner naissance aux coulées andésitiques. Seuls les affleurements du Nord de Baie Mahault sont probablement antérieurs aux venues granodioritiques.

Jusqu'ici aucun affleurement granodioritique n'était connu dans les Petites Antilles, bien que M. A. Lacroix ait signalé des blocs de diorite quartzifère dans des produits de projection volcanique de la Guadeloupe et de la Martinique (¹). Dans Antigua, le socle ancien est formé par des andésites associées à des tufs qui rappellent beaucoup les formations volcaniques de l'Est de la Désirade; mais il faut atteindre Porto Rico et Haïti pour retrouver des affleurements de granodiorites. Ce sont en majeure partie des intrusions datant du Crétacé terminal ou de la base de l'Éocène; quelques-unes seulement (Haïti) paraissent post-miocènes. Les granodiorites de la Désirade étant antémiocènes se rapportent probablement à la série intrusive la plus ancienne d'Haïti et de Porto-Rico. Cette série elle-même corres-

(¹) M. A. Lacroix me signale d'autre part qu'il possède des échantillons de diorite provenant de Saint-Martin. Ce renseignement concorde avec l'existence d'affleurements éruptifs (granites?) à Saint-Barthélemy qui m'a été signalée par le Dr Tarra. Des gisements de galène argentifère existent d'ailleurs dans cette île et appartiennent certainement aussi au socle éruptif ancien.

pond aux grosses intrusions du même type qui marquent la fin de la phase orogénique laramienne dans les cordillières de bordure du Pacifique dans les deux Amériques.

GÉOLOGIE. — *Sur un conglomérat de base dans le Cambrien des Monts de Lacaune et sur l'âge antécambrien des formations granitiques du Mendic près de Graissessac (Hérault).* Note de MM. **J. Blayac**, **A. Michel-Lévy** et **M. Thoral**, présentée par M. Ch. Jacob.

Nous avons précédemment signalé (1) qu'il existait, à la base des terrains cambro-siluriens des Monts de Lacaune, des arkoses riches en débris de microcline et avec tourmaline clastique. Ces arkoses, bien stratifiées et à grains assez grossiers à la Cabane, au Sud-Ouest du Col de Layrac, ou sur la route au Nord-Est du Coural, passent progressivement à leur partie inférieure à la formation laminée, silicifiée et séricitisée, avec épaves de quartz et de microline, appelée blaviérite par Bergeron (2). Cette formation, que nous avions d'abord considérée comme étant, dans son intégralité, une mylonite de granulite, nous apparaît aujourd'hui, au moins en majeure partie, comme une mylonite d'un puissant niveau arkosien et conglomératique.

En effet, aux parties supérieures formées d'arkoses bien reconnaissables, succèdent en profondeur des niveaux très schistosés qui montrent, sur la surface des lits, de larges taches irrégulièrement arrondies, soit verdâtres ou jaunâtres, parfois gris sombre, satinées, soit rosées et granuleuses, accompagnées de noyaux de quartz en ellipsoïdes déformés; sur la tranche, ces diverses parties sont sans épaisseur sérieuse. Nous avons pensé dès l'abord qu'il s'agissait d'anciens galets de schistes et de matériel granulitique, écrasés et laminés. La plaque mince, au microscope, ne montrait que des roches déformées, quartzifiées et séricitisées.

L'un de nous a trouvé la confirmation de cette hypothèse dans la découverte, au sein de roches analogues partiellement laminées, de galets assez bien conservés, au moins dans leur structure, pour permettre leur identification. Les dimensions de ces galets atteignent 20$^{cm}$ de long; la plupart ne dépassent pas 1 à 2$^{cm}$.

---

(1) Alb. Michel-Lévy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1366.
(2) J. Bergeron, *Annales des Sciences géologiques*, 22, 1889, p. 67-73.

Les principaux gisements sont ceux de Rocozels, du Masnau et de la Frézie, près Tauriac (Aveyron).

Les roches qui y ont été reconnues sont : un microgranite à mica noir, des séricitoschistes à andalousite en taches séricitisées, des schistes et quartzites sériciteux, enfin des roches volcaniques fluidales à rapprocher, d'une part d'une oligoclasite ou d'un albitophyre, d'autre part d'une rhyolite plus ou moins obsidiennique.

Cette découverte vient confirmer l'*attribution à l'âge antécambrien des formations du massif granulitique du Mendic*, que nous avions antérieurement suggérée. C'est en effet la granulite du Mendic et son cortège de roches métamorphisées qui, exondés au début du Cambrien, ont fourni le matériel des arkoses et conglomérats de la base de ce Cambrien. Le microgranite en galets est le même que celui du Col de l'Affenadou qui appartient au substratum du Mendic.

L'existence d'un volcanisme contemporain est prouvée, en outre, par les galets d'oligoclasite, qu'accompagne d'ailleurs une coulée interstratifiée de la même roche, près de Rocozels.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur les variations de la conductibilité de l'air dans les grottes.* Note de MM. **C. Dauzère** et **J. Bouget**, présentée par M. Ch. Maurain.

L'un de nous a signalé récemment [1] les valeurs très grandes de la conductibilité de l'air, obtenues dans une grotte du département de l'Aveyron (Salles-la-Source, Tyndoul de la Vaissière), ainsi que l'attraction de la foudre qui en est la conséquence. Nous avons trouvé des résultats analogues dans quelques grottes des environs de Bagnères-de-Bigorre, dont nous avons fait une étude systématique depuis le mois de novembre 1932.

Les résultats les plus complets ont été obtenus à la Grotte des Fées, qui se trouve sur la surface de contact du terrain métamorphique du Mont-Olivet (gneiss) avec le calcaire jurassique du Bédat. La partie accessible de cette grotte est une galerie descendante, dont la longueur ne dépasse pas une vingtaine de mètres; un ruisseau provenant d'une source voisine disparaît à l'extrémité; les châtaigniers qui entourent l'ouverture de la grotte, portent presque tous les marques très nettes des coups de foudre qui les ont frappés autrefois.

---

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1684.

Nous avons commencé nos mesures le 25 novembre 1932 et nous les avons poursuivies jusqu'au 7 décembre 1933. Nous avons fait 25 mesures dans lesquelles nous avons déterminé les deux conductibilités $\lambda_+$ et $\lambda_-$ à l'aide de l'appareil portatif d'Elster et Geitel, modifié comme nous l'avons indiqué dans une autre publication [1].

Le rapport des deux conductibilités $\lambda_+/\lambda_-$ a été 3 fois supérieur à l'unité, 22 fois inférieur, ce qui indique que les ions négatifs sont presque toujours les plus nombreux dans la grotte.

Du 23 novembre 1932 au 27 janvier 1933, la conductibilité totale $(\lambda_+ + \lambda_-)$ a varié entre $1,15 \times 10^{-4}$ et $6,25 \times 10^{-4}$ U. E. S. Au 1er avril, elle était égale à $20,29 \times 10^{-4}$. Elle a gardé pendant tout l'été des valeurs très grandes, dont le maximum mesuré a été $84,50 \times 10^{-4}$ le 20 mai; elle était encore égale à $40,36 \times 10^{-4}$ le 4 novembre. Elle a baissé brusquement entre le 4 et le 6 novembre; ce dernier jour, elle n'était plus que $1,69 \times 10^{-4}$. Depuis lors, elle se maintient à une faible valeur, comme l'an dernier à la même saison; nous nous attendons à retrouver au printemps de 1934 les fortes conductibilités observées au printemps de 1933. Il semble donc qu'il y ait pour cette grotte, des variations périodiques annuelles de la conductibilité, les valeurs maxima d'été étant 50 à 60 fois plus grandes que les valeurs minima d'hiver.

Nous avons observé des variations analogues dans d'autres grottes des environs de Bagnères. Par exemple, à la base du Castelmouly, se trouve une grotte creusée dans le calcaire jurassique. Elle se compose d'une galerie légèrement descendante, d'une centaine de mètres de longueur, à l'extrémité de laquelle se trouve une grande salle; nous avons fait dans celle-ci un petit nombre de mesures, dont les résultats figurent dans le tableau ci-dessous :

| Date. | Thermomètre sec. | Thermomètre mouillé. | $\lambda_+ + \lambda_-$. | $\lambda_+/\lambda_-$. |
|---|---|---|---|---|
| 22 décembre 1932 | 9°,8 | 9°,2 | 2,68 | 1,16 |
| 4 janvier 1933 | 9,5 | 9,2 | 28,95 | 0,90 |
| 12 janvier 1933 | 9,3 | 9,1 | 34,84 | 0,41 |
| 27 janvier 1933 | 9,2 | – | 2,96 | 1,28 |
| 11 mai 1933 | 9,6 | 9,2 | 40,04 | 0,93 |
| 24 janvier 1934 | 9,1 | 9,0 | 3,41 | 1,08 |

(1) *Bull. Soc. encouragement pour l'industrie nationale*, 141, octobre 1933, p. 509.

Ces nombres montrent encore des variations alternées, mais la période paraît beaucoup plus courte que dans la Grotte des Fées.

En résumé, contrairement à la température et à l'état hygrométrique, dont les valeurs restent à peu près constantes dans les grottes, la conductibilité électrique de l'air éprouve des variations alternées, dont l'amplitude est considérable.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude de l'ozone atmosphérique au Pic du Midi par visée directe du Soleil jusqu'à l'horizon.* Note de M. J. **Gauzit**, présentée par M. Ch. Fabry.

Pendant un séjour d'un mois à l'Observatoire du Pic du Midi, j'ai pu faire une étude assez complète de l'ozone atmosphérique grâce à mon spectrophotomètre visuel (¹), qui m'a permis de suivre aisément le Soleil jusqu'à l'horizon.

Les déterminations de l'intensité du rayonnement solaire pour une dizaine de longueurs d'onde permettent d'évaluer la densité optique $\delta$ de l'ozone atmosphérique dans la direction du Soleil à diverses hauteurs. Pour légitimer les interpolations nécessaires à la détermination de cette densité optique $\delta$, j'ai employé trois méthodes différentes de calcul qui m'ont donné des résultats concordants.

Pour tirer d'une série de mesures journalières quelques idées sur la répartition de l'ozone dans l'atmosphère, il faudrait être certain que l'ensemble de ces mesures est relatif à une répartition d'ozone bien définie. Une variation dans le temps est assez improbable car les observations ne durent pas plus de 2 heures. Au contraire, sur une grande distance horizontale la proportion d'ozone ne reste pas en général constante; or le calcul montre que, si l'altitude de la couche d'ozone est $50^{km}$, des rayons horizontaux la traversent à $800^{km}$ environ du lieu d'observation.

Le tableau suivant contient les résultats de quelques mesures; on y trouvera la densité optique $\delta$ de l'ozone atmosphérique pour la radiation de longueur d'onde $\lambda = 6100\,\text{Å}$ en fonction de la masse d'air $m$ traversée (en prenant pour unité la masse d'air suivant la verticale, au-dessus du Pic); j'indique en bas de chaque colonne l'épaisseur $e$ d'ozone au zénith :

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 892.

| | 18 août 1933 (soir). | 19 août 1933 (matin). | 23 août 1933 (soir). | 24 août 1933 (matin). | 28 août 1933 (matin). |
|---|---|---|---|---|---|
| | cm | cm | cm | cm | cm |
| $m=$ 5 | 0,038 | 0,038 | 0,085 | 0,039 | 0,0625 |
| 10 | 0,068 | 0,068 | 0,152 | 0,075 | 0,0965 |
| 15 | 0,0875 | 0,075 | 0,177 | 0,097 | 0,110 |
| 20 | 0,1015 | 0,086 | 0,177 | 0,111 | 0,122 |
| 25 | 0,1125 | 0,128 | 0,159 | 0,122 | 0,130 |
| 30 | 0,122 | 0,150 | 0,145 | 0,134 | 0,1365 |
| 35 | 0,131 | ? | 0,138 | 0,145 | 0,1395 |
| $e$ | 0,158 | 0,159 | 0,354 | 0,165 | 0,260 |

Les résultats du 19 et du 23 août sont sans doute explicables par des irrégularités dans la distribution de l'ozone. Le matin du 19 août l'ozone est beaucoup plus abondant vers l'Est; l'existence d'une vague à grande concentration d'ozone se déplaçant de l'Est vers le Pic est rendue vraisemblable par les mesures de l'après-midi qui donnent, au-dessus du Pic, une épaisseur beaucoup plus grande que le matin ($e = 0^{cm},255$).

Le soir du 23 août, au contraire, $\delta$ décroît vers l'horizon; je pense pouvoir interpréter ce fait par une teneur plus faible en ozone de la région Ouest, que semble confirmer la présence d'un anticyclone sur l'Atlantique.

Pendant les trois autres journées d'observations (18, 24 et 28 août) les conditions atmosphériques étaient meilleures et l'uniformité de la couche d'ozone très probable sur une grande distance autour du Pic. Ces conditions favorables, m'ont permis de mettre en évidence un fait remarquable : l'augmentation sensible et régulière de $\delta$ depuis $m=20$ ou 25 jusqu'à l'horizon. Cette augmentation est en contradiction avec l'hypothèse d'une simple couche d'ozone élevée qui donnerait une variation de $\delta$ beaucoup plus faible; quelle que soit l'altitude adoptée pour cette couche, il est impossible d'expliquer les résultats.

Une *hypothèse* simple consiste à envisager pour l'ozone atmosphérique une double répartition : d'une part une couche mince élevée, d'autre part une masse disséminée dans toute l'atmosphère et proportionnelle à la masse d'air traversée. J'obtiens ainsi :

| | Altitude de la couche. | Proportion d'ozone diffus. |
|---|---|---|
| | km | % |
| Le 18 août | 18 (1) | 25 |
| Le 23 août | 20 | 30 |
| Le 28 août | 45 | 8 |

(1) Au-dessus du Pic.

On peut aussi exprimer la quantité d'ozone qui se trouve dans l'atmosphère diffusante en calculant l'épaisseur d'ozone pur qui se trouve, en moyenne, dans un kilomètre d'air à la pression normale, soit :

| | |
|---|---|
| Le 18 août | $70.10^{-4}$ cm |
| Le 24 août | 85 » |
| Le 28 août | 35 » |

Cette dernière mesure, que je considère comme la meilleure (le 28 août le gradient barométrique était très faible dans nos régions), conduit à une teneur en ozone de l'atmosphère diffusante très analogue à celles obtenues par des mesures directes au voisinage immédiat du sol (¹).

Il semble donc qu'une ascension de plusieurs kilomètres dans la troposphère ne donnerait pas d'augmentation sensible.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Radioactivité de l'air de l'habitation de l'Observatoire du Pic du Midi.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Ch. Maurain.

L'étude systématique de la conductibilité spontanée de l'air en vase clos, dans deux appareils (²) construits à l'Institut de Géophysique du Pic du Midi, a permis de déceler la présence d'émanations radioactives en quantité anormale, pendant la saison des neiges (³), dans l'atmosphère de l'habitation de l'Observatoire du Pic du Midi, à 2860$^m$ d'altitude.

1° L'un des appareils de 7 litres de capacité (à électromètre de Lindemann) est rempli d'air frais desséché et purifié, prélevé dans l'intérieur de l'habitation le 22 mars 1933.

On note le temps que met la sonde électrométrique pour se charger à un potentiel déterminé :

---

(¹) Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 457; Buisson, Jausseran, Rouard, *Revue d'Optique*, 12, 1933, p. 70; Götz et Maier-Leibnitz, *Zeitschrift f. Geophysik*, 9, 1933, p. 253.

(²) Appareils utilisant l'un l'électromètre de Lindemann, l'autre l'électroscope à feuille d'or, et décrits dans les *Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes* de 1933, à Toulouse.

(³) De novembre à juin.

| Époque (1933). | Temps. | Production correspondante en ions par cm³/sec. dans le vase clos. |
|---|---|---|
| | m s | |
| 14 mars | 0. 9 | 930 |
| 16 » | 0.12 | – |
| 18 » | 0.15 | – |
| 22 » | 0.30 | 280 |
| 24 » | 0.56 | – |
| 26 » | 1.10 | – |
| 28 » | 1.24 | – |
| 30 » | 1.45 | – |
| 1er avril | 2. 0 | – |
| 8 » | 5.20 | – |
| 9 mai | 14.15 | – |
| 15 » | 17.33 | – |
| 18 » | 20. 0 | 7 |

La disparition de l'activité se fait avec une période de 4 jours environ.

2° L'autre appareil de 3 litres de capacité (à feuille d'or) est rempli d'air frais purifié et desséché prélevé au même endroit, le 5 décembre 1932. On note le temps que met la feuille à se décharger d'une quantité déterminée :

| Époque. | Temps. | Production en ions cm³/sec. |
|---|---|---|
| 5 décembre 1932 | 8 secondes | 2000 ions |
| 25 décembre 1932 | 4 minutes | – |
| 3 janvier 1933 | 16 minutes | – |

Le 23 mars, l'air du vase d'ionisation est remplacé par de l'air frais prélevé dans une pièce située à 30m du Laboratoire :

| Époque. | Temps. | Production en ions cm³/sec. |
|---|---|---|
| 23 mars 1933 | 40 secondes | 400 ions |
| 21 juillet 1933 | 36 minutes | – |

La disparition de l'activité se fait là encore avec une période de 4 jours environ.

3° La production limite d'ions dans les deux cas (lorsque l'activité spontanée a disparu) est de l'ordre de 7 ions par centimètre cube et par seconde. Si, lorsque cet équilibre est atteint, on remplace l'air des vases d'ionisation par de l'air frais prélevé dans les mêmes conditions, mais en période d'été (1), on trouve :

(1) Disparition totale des neiges, août-septembre.

| | Époque. | Vitesse de décharge. | Production d'ions. |
|---|---|---|---|
| Électroscope à feuille d'or (air frais le 20 juillet 1933). | 21 juillet............. | 36.40 (m s) | 8 |
| | 30 juillet............. | 44 | 8 |
| Électromètre de Lindemann (air frais le 29 juillet 1933). | 20 juillet............. | – | 7,27 |
| | 25 août............... | – | 6,43 |

L'ionisation spontanée de l'air de l'habitation, due à sa radioactivité propre, du type Radon, est donc au moins 1000 fois plus faible en période d'été qu'en période de neige (¹).

Une installation électrométrique d'enregistrement continu de l'activité de l'air du sol et de l'atmosphère est en construction à l'observatoire du Pic du Midi.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Étude spectroscopique du bois du « Pino Sylvestre » de Rascafria (Espagne).* Note (²) de M. **Léon Lemmel**, présentée par M. G. Urbain.

Pour des recherches (³) sur les dérivés phénoliques de la lignine j'ai employé comme matière première le bois du Pino Sylvestre de Rascafria. Il était intéressant de connaître le plus exactement possible sa composition chimique.

J. Schröder (⁴), J. König, E. Rump, E. Gottlieb (⁵) auraient trouvé dans différents bois 0,22, 0,28-0,33 pour 100 de cendres. J'ai trouvé comme terme moyen de 5 déterminations 0,24 pour 100.

Différents chercheurs (⁶) avaient trouvé dans le bois : Ca, Mg, Na, K, Si, P, Fe et Al (?). M. E. Wedekind a bien voulu me communiquer que

(¹) *Loc. cit.*

(²) Séance du 8 janvier 1934.

(³) L. Lemmel, *An. Soc. esp. fis. y quim.*, 30, 1932, p. 601; 31, 1933, p. 50.

(⁴) J. Schröder, *Tharand, Forstl. Jahrbuch*, 24, 1874, p. 177; *Forstch. u. pflanz. phys. Unt.*, H. 1, 1878, p. 1.

(⁵) E. Gottlieb, *Journ. für prakt. Chemie*, 2ᵉ série, 28, 1883, p. 385.

(⁶) Basil Wolff, *Aschenanalysen*, I, 1871; II, 1880; R. Hornberger, *Landw. Vers.-St.*, 29, 1883, p. 281; C. Councler, *Just.*, 1, 1886 p. 161; A. Grün, *Ber. d. chem. Ges.*, 41, 1908, p. 3465; 43, 1910, p. 1051; E. Ramann et B. Gossener, *Landw. Vers.-St.*, 76, 1911, p. 117; W. Schmeil, *Zellstoff u. Papier*, 1, 1921, p. 153; Hess, *Chem. d. Zellulose*, 1928, p. 217 et 221; Czapek, *Biochem. der Pflanzen*, 2, 1925, p. 407 et 410.

M. Goldschmidt de Göttingen a trouvé aussi du bore dans le bois de hêtre.

J'ai voulu compléter ces résultats par une analyse spectrale que j'ai exécutée selon les indications de M. S. Piña de Rubies.

La zone ultraviolette étudiée est comprise entre $\lambda = 2330$ Å et $\lambda = 3400$ Å. Nous avons fait différents spectrogrammes dans différentes conditions pour éliminer les erreurs possibles imputables aux impuretés du charbon; nous avons obtenu plusieurs spectres avec du courant continu de 110 et 220 V, utilisant comme supports des charbons de $7^{mm}$. Pour Al, Mg et Pb nous avons employé du graphite très pur; et pour le bore nous avons travaillé avec des électrodes de cuivre électrolytique. L'existence du bore a été aussi contrôlée par voie chimique. La dispersion de l'appareil employé donnait 3 Å par millimètre pour $\lambda = 2600$ Å.

Comme résultat de nos recherches nous pouvons signaler comme étant contenus dans le bois étudié : Ca, Mg, Na, K, Mn, Al, B, Pb, Ag, P, Fe, Si, Cr (?) et Sn (?).

CYTOLOGIE. — *Existence, sur les flagelles, de filaments latéraux ou terminaux (mastigonèmes).* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. M. Caullery.

Les ouvrages généraux de protistologie et de cytologie sont muets sur la structure fine des flagelles : ces organites cellulaires y sont considérés comme simplement formés d'une fibrille axiale, probablement contractile, et d'une gaine de nature protoplasmique parfois rubanée. Certains mentionnent également l'existence d'un filament très ténu, analogue au *filum terminale* des spermatozoïdes. Les découvertes de Löffler, Fischer, Boye, Petersen et d'autres, dont les plus anciennes remontent à quarante-cinq ans, sont restées dans l'ombre, niées par les uns, inconnues des autres. Leurs méthodes, diverses dans le détail, mais semblables au fond (violent mordançage, brutale coloration) ont motivé en partie cette défaveur.

L'application de ma méthode des frottis secs à la nigrosine (1923) me permet cependant de venir confirmer d'une manière indiscutable l'ensemble des résultats de ces auteurs. Cette méthode, dans le cas présent, est totalement à l'abri des critiques justifiées qu'on a élevées contre les méthodes de Löffler-Körner-Fischer, accusées avec raison d'engendrer souvent des artifices de préparation. La méthode à la nigrosine, simple modification du vieux procédé à l'encre de Chine de Burri, donne des images contrastées,

blanches sur le fond gris foncé, donné par la couche homogène du colorant desséché.

Dans ces conditions, le flagelle des Eugléniens apparaît pourvu, sur toute sa longueur depuis sa sortie du vestibulum, d'une rangée de cils ou poils ténus, régulièrement espacés, inclinés vers la partie distale du flagelle. Ces cils, que je désignerai désormais sous le nom de *mastigonèmes*, ont une longueur qui peut atteindre 3 à 4$^{\mu}$; leur diamètre, autant qu'on peut

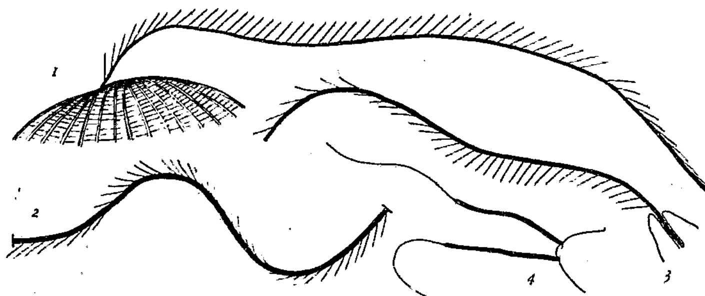


Fig. 1 à 3. Mastigonèmes latéraux des Eugléniens (1, *Phacus pleuronectes*; 2, *Euglena proxima*. portion du flagelle; 3, *Astasia Dangeardii*). — Fig. 4. Mastigonèmes terminaux d'une Phytomonadine (*Chlamydomonas* spec.). Grossissement : 1240.

l'évaluer, ne dépasse pas 5/100$^e$ à 6/100$^e$ de micron, et est sans doute souvent très inférieur. Une de leurs dimensions est donc au delà de la limite de visibilité microscopique. Les méthodes de coloration avec mordançage les font apparaître beaucoup plus épais qu'ils ne sont en réalité.

J'ai vérifié leur présence chez les genres uniflagellés suivants : *Euglena, Phacus*, *Lepocinclis, Trachelomonas, Astasia, Menoidium*, ainsi que chez *Distigma proteus*, où les mastigonèmes n'existent que sur le grand flagelle. Chez le Dinoflagellé *Glenodinium uliginosum*, le flagelle longitudinal porte un mastigonème terminal long et fin, le flagelle transversal (donné comme rubanné chez les Dinoflagellés en général) est pourvu d'une rangée unique de mastigonèmes.

J'ai vérifié l'existence d'un mastigonème terminal (parfois très long) chez les Phytomonadines : *Chlamydomonas, Carteria, Lobomonas, Brachiomonas, Polytoma* et *Gonium*, ainsi que chez une Protomonadine : *Bodo minimus*. Je n'en ai pas trouvé jusqu'ici chez *Trichomonas batrachorum, Trypanosoma brucei*, ni chez les flagellés des Termites (*Trichomonas trypanoides, Pyrsonympha, Trichonympha*).

Mes résultats me conduisent à considérer comme exacts ceux de Boye Petersen dans leur ensemble, et plus particulièrement : 1° sur les Chryso-

monadines comme *Synura uvella*, dont un flagelle porte un mastigonème terminal et l'autre en montre sur toute sa longueur et sur ses deux flancs; 2° sur les Choanoflagellés, dont la flagelle porte à la fois un long mastigonème terminal et des mastigonèmes latéraux courts.

Nous distinguerons donc actuellement, d'après ce qui précède, cinq types de flagelles : 1° à un mastigonème terminal; 2° à une rangée latérale de mastigonèmes; 3° à mastigonèmes sur les deux flancs (¹); 4° à un long mastigonème terminal et mastigonèmes latéraux; 5° sans mastigonèmes connus.

Ce que l'on sait sur le mouvement propre des flagelles permet par ailleurs de conclure que les flagelles à action dynamique différente, différent aussi par leur structure.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Relation entre la rapidité d'un muscle strié et sa structure histologique*. Note de MM. **Herbert H. Jasper** et **André Pezard**, présentée par M. L. Lapicque.

On sait qu'il existe une certaine relation entre le diamètre des fibres nerveuses et la vitesse de leur influx; les fibres les plus petites ont des chronaxies plus grandes et des vitesses de conductions plus lentes (²).

Pour le muscle strié on s'est souvent posé la question de savoir s'il n'existait pas également quelque rapport entre la structure histologique et la vitesse d'excitabilité et de contraction. Nous avons eu l'occasion d'observer nettement une telle relation chez divers Crustacés décapodes où elle est plus facile à saisir en raison de la grande dimension des éléments. Nous présentons ici quelques documents concernant *Carcinus Mænas et Homarus americanus*.

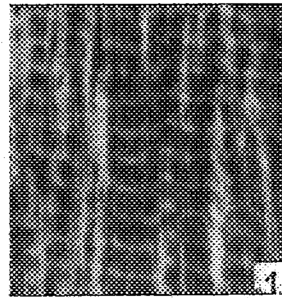
Ces quatre muscles possèdent des vitesses de contraction différentes. Dans une pince donnée, l'adducteur est toujours plus rapide dans sa réponse que l'abducteur. La petite pince ou « pincer » est souvent plus rapide que la grande pince ou « cruscher ». Chez *Carcinus Mænas* la relation entre les vitesses moyennes de ces quatre muscles peut donc être exprimée

(¹) On ignore encore s'il y a deux rangées latérales opposées ou un revêtement total.

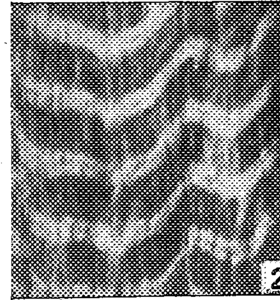
(²) L. Lapicque et R. Legendre, *Comptes rendus*, 187, 1913, p. 1163-1166; L. Lapicque, H. Gasser et P. Desoille, *C. R. Soc. de Biol.*, 92, 1925, p. 9; L. Lapicque, *C. R. Soc. de Biol.*, 97, 1927, p. 123; L. et M. Lapicque, *C. R. Soc. de Biol.*, 69, 1910, p. 46.

ainsi : Adducteur petite pince > adducteur grande pince > abducteur petite pince > abducteur grande pince. Chez le homard et aussi chez quelques crabes le rapport s'exprime : Adducteur petite pince > abducteur petite pince et adducteur grande pince > abducteur grande pince.

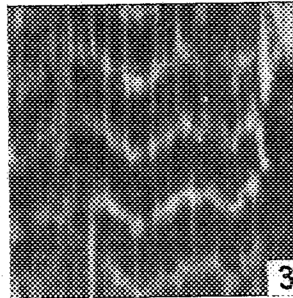
A cause de la réponse rythmique des nerfs sous excitation électrique



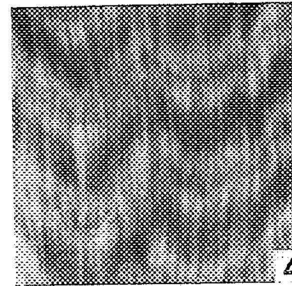
Adducteur petite pince.



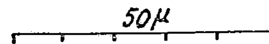
Abducteur petite pince.



Adducteur grande pince.



Abducteur grande pince.




Comparer surtout les cases musculaires des muscles antagonistes. Si l'on considère l'ensemble des quatre muscles, les dimensions des cases musculaires sont sensiblement comme 1, 2, 2, 3 et les vitesses de réponse varient en sens inverse.

unique, on ne peut pas prendre les mesures de chronaxie comme d'habitude; quand on tente de faire par la technique habituelle une telle mesure on a un temps de sommation approximatif, non pas une chronaxie ([1]). Les

([1]) H. Jasper, *C. R. Soc. de Biol.*, **112**, 1933, p. 230-233; H. Jasper, et A. M. Monnier, *C. R. Soc. de Biol.*, **112**, 1933, p. 233-236.

rapports ci-dessus ont été établis : premièrement, d'après ces temps de sommation; deuxièmement, d'après la durée des phases ascendantes des myogrammes.

Néanmoins de telles mesures donnent une indication significative des vitesses de ces muscles.

Pour les études histologiques, les muscles étaient fixés lentement dans une solution de formol-eau de mer de concentration croissante de 2 pour 100 jusqu'à 10 pour 100 et puis dans le Bouin. Ces premières précautions étaient nécessaires pour éviter la contracture chimique des fibres pendant la fixation. La coloration employée est celle de Mallory. La figure ci-contre montre un exemple de micro-photographies de coupes histologiques (épaisseur 4-6 microns) de ces quatre muscles chez le *Carcinus Mænas*.

La question se posait de savoir si les différences observées entre l'adducteur et l'abducteur ne sont pas dues à la position (adduction ou abduction) de ces muscles, au moment de la fixation, l'un des muscles étant tendu et l'autre détendu. S'il en était ainsi, l'ouverture forcée des pinces pendant la fixation devrait renverser le rapport. Quand les muscles sont fixés dans la position d'abduction extrême, les grandeurs des cases de l'adducteur restent encore généralement un peu plus petites que celles de l'abducteur. Dans quelques cas elles deviennent égales mais le rapport de leurs dimensions n'est jamais renversé.

Voici nos résultats en chiffres :

*Muscles de la pince de* Carcinus Mænas *fixés dans leur position de repos naturel.* Moyenne de soixante mensurations de cases musculaires dans chaque muscle (en microns); au-dessous, les temps de sommation (approximatifs) des muscles correspondants (en sigmas).

| | Grande pince. | | Petite pince. | |
|---|---|---|---|---|
| Crabe. | Adducteur. | Abducteur. | Adducteur. | Abducteur. |
| 1 | 14,7 | 17,2 | 6,1 | 11,6 |
| 2 | 8,1 | 14,3 | 7,3 | 12,1 |
| 3 | 7,0 | 14,4 | 7,3 | 12,4 |
| Moyennes | 9,9 | 15,3 | 6,9 | 12,0 |
| Moyenne de 50 crabes | 14 | 25 | 10 | 18 |

Les différences histologiques liées aux propriétés physiologiques paraissent donc réelles : le muscle le plus rapide possède la case musculaire la plus petite.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action comparée des venins de* Lachesis atrox *et de* Naja tripudians *sur le sarcome expérimental du Rat.* Note de MM. **J. Vellard, Oswino Penna** et **Miguelote Vianna**, présentée par M. M. Caullery.

Au cours de recherches sur l'action cytolytique et nécrosante des venins, l'un de nous (O. P.) a suggéré d'étudier l'action de ces venins non sur une tumeur épithéliale (Calmette), mais sur une tumeur conjonctive très résistante, le sarcome du rat. Il nous a paru intéressant de comparer l'action du venin de *Naja* surtout phosphatidasique à celle des venins de *Lachesis* (*L. atrox*) fortement protéolytiques.

Nous ne nous occuperons ici que des greffes de sarcome; en 8 à 10 jours elles ont déjà la taille d'une noisette; en 3 ou 4 semaines, elles mesurent 50 à 60$^{mm}$, sur 30 ou 40; plus tard, elles s'ulcèrent et les animaux succombent vers la sixième ou huitième semaine; leur poids atteint 50 à 60$^{g}$, le tiers du poids total du porteur. Trois solutions de venin à 1 pour 100 dans l'eau salée physiologique ont été utilisées : une solution de *L. atrox* non chauffée; la même solution chauffée 30 minutes au bain-marie à 70°, pour détruire son action protéolytique; une solution de *Naja tripudians* non chauffée. En tubes scellés et à la glacière, elles gardent leur activité une quinzaine de jours. Pour des rats de 100 à 150$^{g}$ les doses minima mortelles sont : avec le venin de *atrox*, 10$^{mg}$ par voie hypodermique, 3$^{mg}$ par voie intramusculaire, 0$^{mg}$,6 par voie veineuse; avec celui de *Naja*, 0$^{mg}$,1 par voie intramusculaire. La grande vascularisation de ce sarcome ne permet de travailler qu'avec des doses voisines de la minima mortelle par voie veineuse. Toutes nos expériences ont été accompagnées de nombreux témoins et contrôlées par des coupes histologiques.

*Première série.* — Six rats porteurs de greffes de 10 jours grosses comme une noisette, ont reçu une série de dix injections intratumorales de doses faibles et progressives (0$^{mg}$,05 à 0$^{mg}$,2) de venin de *atrox* non chauffé; deux ont reçu en plus cinq nouvelles injections de doses élevées de ce venin (0$^{mg}$,5 à 2$^{mg}$,5) dans les mêmes conditions. Après les deux premières petites doses, les tumeurs ont grandi plus rapidement que les témoins, devenant adhérentes aux tissus voisins; elles montraient des zones de ramollissement aux points d'injection mais se développaient à la périphérie. Sur les coupes, zones centrales acidophiles homogènes de nécrose, avec d'abondants dépôts de chromatine entourés de zones avec nombreuses cellules aux noyaux en pycnose ou en caryorexis; de grandes masses de tissus néopla-

sique ne sont pas altérées. Les deux rats ayant reçu une seconde série de doses élevées ont des lésions du même type un peu plus accentuées.

*Deuxième série.* — Douze rats porteurs de greffes de 10 jours; injection intratumorale, de 2 en 2 jours, de $0^{mg},5$ de venin de *atrox* non chauffé; après une injection, les tumeurs augmentent de volume; après la troisième elles se ramollissent. Les unes se sont ensuite ulcérées, laissant échapper un liquide jaunâtre et granuleux d'odeur fétide, qui n'a montré par ensemencement qu'un cocco-bacille mobile, Gram négatif. Trois tumeurs se sont en partie résorbées, sans s'ulcérer; elles montraient à l'intérieur une grande cavité remplie du même liquide granuleux. Deux tumeurs se sont entièrement résorbées, remplacées par une eschare noirâtre.

Plusieurs rats sont morts après deux ou trois injections; les autres ont succombé en moins de 18 jours avec profondes lésions rénales, hépatiques et pulmonaires dues au venin. Les coupes montrent, après une injection, une très forte vascularisation, avec grandes hémorragies et polynucléose abondante; la nécrose commence au point d'inoculation après deux injections; elle s'accentue à la troisième; c'est une nécrose massive. Après quatre injections, on ne voit plus qu'une mince lame de tissu tumoral séparant le tissu nécrosé du plan musculaire sous-jacent. Après six injections, la tumeur est réduite à une capsule formée d'une masse amorphe, acidophile, sans cellules néoplasiques reconnaissables. Autour de deux tumeurs résorbées, on note un tissu cicatriciel de fibres collagènes.

*Troisième série.* — Six rats porteurs de grosses tumeurs (40 à $60^{mm}$) de 25 jours. Injection intratumorale de doses élevées et progressives de venin de *atrox* non chauffé ($0^{mg},5$ à $2^{mg}$). Mort des rats entre la cinquième et la dixième injection. Les résultats sont moins nets que ceux de la deuxième série. Les tumeurs augmentent d'abord de volume, puis restent stationnaires et se ramollissent par place; à l'intérieur, le tissu nécrosé est creusé de cavités remplies de liquide granuleux. Sur les coupes, vastes zones de nécrose entourées d'une auréole de cellules avec altérations nucléaires les séparant du tissu tumoral sain. La sensibilité des rats n'a pas permis de détruire entièrement ces grandes tumeurs.

*Venin de* atrox *chauffé.* — Les injections intratumorales ne provoquent pas de vascularisation intense ni d'adhérences périphériques, ni formation de cavités internes. Sur les coupes, zones de nécrose avec çà et là des cellules néoplasiques reconnaissables, à différents stades de dégénérescence nucléaire et protoplasmique; ce n'est pas une nécrose en masse comme avec le venin non chauffé, mais plutôt un procédé lent de nécrobiose.

*Venin de Naia non chauffé.* — L'injection intratumorale de doses élevées

($0^{mg},02$ à $0^{mg},05$) provoque un début de nécrose dès la deuxième injection, mais n'arrête pas le développement du sarcome; on note des zones de ramollissement, la formation de cavités remplies de liquide granuleux et souvent des ulcérations. Sur les coupes, la nécrose est moins complète qu'avec le venin de *atrox*.

*Injections à distance.* — Les doses élevées de venin de *atrox* non chauffé provoquent une congestion intense du sarcome et de petites hémorragies analogues à celles existant dans les autres organes.

Ces expériences montrent que les venins ophidiques peuvent agir aussi bien sur des greffes cancéreuses conjonctivales denses que sur les tumeurs épithéliales. Les venins protéolytiques, comme ceux de *Lachesis*, ont une action plus marquée que le venin phosphatidasique de *Naja;* chauffés à 70°, ils perdent leur action protéolytique et se comportent comme ce dernier. Il est intéressant de souligner que la dose nécrosante *in vivo* coïncide avec la dose minima protéolytique *in vitro* ($0^{mg},5$ de *atrox*). L'action nécrosante sur les tumeurs denses dépasse peu le point d'injection.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Taux et répartition du manganèse dans le grain de blé.* Note de M. **P. Bruère**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La présence du manganèse, élément « oligosynergique » dans les parties actives du règne végétal ([1]), et la possibilité d'effectuer en série le dosage de ce métal par la méthode colorimétrique de M. Gabriel Bertrand ([2]), notamment dans le blé et les produits de mouture ([3]), présentent un intérêt de premier ordre dès que l'on dispose, pour une expertise, d'échantillons types.

Toutefois, il importe de mettre en relief que pour un même blé, préalablement étalonné comme teneur en manganèse, la répartition dans les différents produits de mouture (farines panifiables et issues) est variable suivant l'outillage des moulins (cylindres, meules, soder, etc.) et, pour une même installation, avec le diagramme de mouture et la séparation plus ou moins différenciée des produits fabriqués. En conséquence, les résultats obtenus ont une valeur comparative intéressante, mais qui ne permet pas d'apprécier avec sécurité le *taux* et la *répartition* du manganèse dans le grain de blé.

---

([1]) G. Bertrand et Mme Rosenblatt, *Ann. Inst. Pasteur*, 35, 1921, p. 815.
([2]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 9, 1911, p. 361.
([3]) M. Javillier et S. Imas, *C. R. Acad. Agriculture*, 12, 1926, p. 721.

Dans ce but, nous nous sommes appliqué à effectuer des déterminations sur des blés indigènes de récolte récente, par sectionnements, grattages, tamisages, usure mécanique de l'enveloppe, recoupements par calculs basés sur l'absence de matières grasses dans le périsperme, contrôle microscopique par microréactions colorimétriques [1], etc.

Les taux obtenus ont été répartis suivant les pourcentages moyens qui résultent des travaux de A. Girard et de E. Fleurent [2] :

Albumen 83 + enveloppe 15,5 + germe 1,5 = 100.

| | 1. | 2. |
|---|---|---|
| | mg | mg |
| Albumen....... | 0,7 | $0,7 \times \frac{83}{100} = 0,581$ |
| Enveloppe...... | 13 | $13 \times \frac{15,5}{100} = 2,015$ |
| Germe......... | 19 | $19 \times \frac{1,5}{100} = 0,285$ |
| | Total.......... | 2,881 |

1 = *Taux* de manganèse en milligrammes pour 100g de produits secs.
2 = Répartition dans le blé de grosseur moyenne pour 100g de produits secs.

Soit, en chiffres arrondis, $2^{mg},9$ de manganèse pour $100^{g}$ de blé indigène (résultats calculés sur produits secs), blé d'une grosseur telle que le poids de 1000 grains est voisin de $50^{g}$.

Les écarts constatés, uniquement pour des blés indigènes à cassure opaque et farineuse, ont oscillé entre $2^{mg},5$ (cas de gros blés dont le poids de 1000 grains dépasse $50^{g}$) et $3^{mg},9$ (cas de blés petits dont le poids de 1000 grains est inférieur à $30^{g}$ et à l'exclusion des grains rachitiques).

Dans l'*albumen*, le taux du manganèse croît de la partie centrale très amylacée, à la périphérie granuleuse, en suivant l'augmentation des cendres et des protides :

| | | |
|---|---|---|
| Albumen. | Zone centrale (fleurante).......... | $0^{mg},4 \times \frac{50}{100} = 0^{mg},20$ |
| » | Zone médiane (ronde)............. | $0,8 \times \frac{35}{100} = 0,28$ |
| » | Zone périphérique (gruauteuse).... | $1,4 \times \frac{15}{100} = 0,21$ |
| | Total pour 100g........... | 0,69 |

L'enchassement des cellules de la région périphérique de l'albumen par celles de l'assise à diastases justifie le taux plus élevé du manganèse.

(1) P. Bruère, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 792.
(2) E. Fleurent, *Le pain de froment*, Gauthier-Villars, 1911, p. 48.

Dans l'*enveloppe* la partie externe (périsperme constitué par le péricarpe soudé au tégument séminal) est cellulosique et fournit théoriquement les sons, tandis que la partie interne (endosperme constitué par l'endoplèvre inséparable de l'assise à diastases) est riche en principes à caractère lipidique, dont le taux suit toujours celui du manganèse, même si les cendres ne s'élèvent pas parallèlement; à la mouture, par désagrégation, qui sépare théoriquement la zone périphérique de l'albumen, on obtient les remoulages bis.

| | | |
|---|---|---|
| Enveloppe externe .................... | $6^{mg},5 \times \frac{38}{100}$ | $= 2^{mg},47$ |
| Enveloppe interne .................... | $17^{mg} \times \frac{62}{100}$ | $= 10^{mg},54$ |
| Total pour $100^{g}$ .................. | | $13^{mg},01$ |

Ces résultats nous paraissent susceptibles de fournir d'utiles indications pour le travail de normalisation qui s'impose, concernant l'unification des appellations, et des définitions à appliquer aux produits de mouture, comme suite au vœu que nous avons fait adopter en juin 1932 à Rome par le premier Congrès international de panification [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un acide hexose-phosphorique obtenu par hydrolyse de la fécule.* Note de M. **Théodore Posternak**, présentée par M. A. Desgrez.

J'ai montré [2] que, parmi les produits d'hydrolyse enzymatique de la fécule, se trouvent des acides polyose-monophosphoriques; en les traitant à l'ébullition par l'acide sulfurique dilué, j'ai poussé la dégradation plus loin et j'ai obtenu un acide biose-monophosphorique qui se laisse d'ailleurs préparer plus simplement par hydrolyse acide directe de la fécule.

Cinq heures de chauffe à l'ébullition avec l'acide sulfurique à 2 pour 100 permettent de scinder le biose phosphorylé; ce traitement ne minéralise qu'une faible partie du phosphore. Après refroidissement, l'hydrolysat est neutralisé exactement à la baryte; on filtre et sépare par addition de deux volumes d'alcool un sel phospho-organique de baryum qu'on purifie ensuite

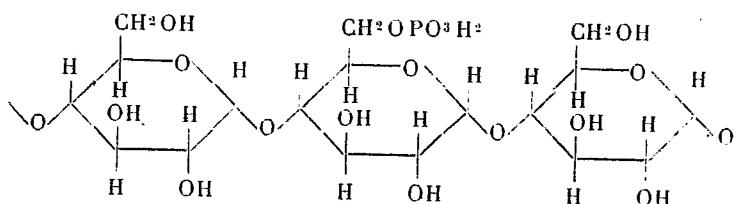
(1) *Atti del Congresso internazionale di panificazione* (Vol. 24 *della Biblioteca federale di studi e propaganda*, Roma, 1933, p. 241).
(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1157.

en le reprécipitant de sa solution aqueuse au moyen d'alcool. Il possède la composition du sel de baryum d'un acide hexose-monophosphorique : $C^6H^{11}O^9PBa$. Si l'on traite l'acide libre, au bain-marie, par une solution de phénylhydrazine dans l'acide acétique dilué, il se sépare bientôt de fines aiguilles fondant à 152°-153°; elles représentent le sel de phénylhydrazine de l'osazone : $C^{24}H^{31}O^7N^6P$.

Le tableau suivant montre l'identité de notre acide hexose-monophosphorique avec un composé que R. Robison (¹) a isolé du mélange d'esters monophosphoriques qui se forme sous l'action de la levure, aux dépens du glucose et des phosphates minéraux :

| | Acide hexose phosphorique obtenu par hydrolyse de la fécule. | Acide glucose phosphorique de Robison (¹). |
|---|---|---|
| Acide libre $C^6H^{13}O^9P$ $[\alpha]_{5461}$ (dans l'eau)......... | +40°,9 | +41°,4 |
| Sel de baryum $C^6H^{11}O^9PBa$ $[\alpha]_{5461}$ (dans l'eau)..... | +20,8 | +21,2 |
| Sel de phénylhydrazine de l'osazone $C^{24}H^{31}O^7N^6P$ : | | |
| point de fusion.............................. | 152-153 | 154-154,5 |
| $[\alpha]_{5461}$ (mélange : $3^{vol}$ alcool + $2^{vol}$ pyridine) : | | |
| 1° après 15 minutes......................... | −62,5 | −60 |
| 2° après 24 heures.......................... | −35,4 | −35 |

Comme l'ont montré les recherches de Robison et King (*loc. cit.*) d'une part, de P. Levene et A. Raymond (²) de l'autre, l'ester de Robison doit être considéré comme l'acide glucose-6-phosphorique. Sa formation par hydrolyse de la fécule permet de représenter la partie des chaînes du polysaccharide à laquelle se trouve attaché l'acide phosphorique par la formule suivante :




(¹) R. Robison et E. J. King, *Biochem. Journ.*, 25, 1931, p. 323.

(²) *Journ. of biol. Chem.*, 89, 1930, p. 479; 91, 1931, p. 751; 92, 1931, p. 765.

PATHOLOGIE. — *Essais sur l'anémie infectieuse du cheval.* Note [1] de MM. G. Ramon et E. Lemétayer, présentée par M. E. Leclainche.

Depuis plusieurs années, nous avons entrepris des recherches sur l'anémie infectieuse des Équidés que Vallée et Carré ont signalée à l'attention des vétérinaires par une étude magistrale publiée il y a trente ans. Déjà, nous avons apporté divers renseignements ayant trait à l'anatomie pathologique et au diagnostic expérimental de l'affection [2]. Nous envisagerons aujourd'hui certains points particuliers concernant l'étiologie, la pathogénie et l'immunologie de cette affection, dont les ravages s'étendent de plus en plus dans notre pays comme à l'étranger.

De nombreux modes d'infection ont été tour à tour décrits et affirmés par les uns, niés par les autres. Nous nous sommes livrés à ce sujet à diverses expériences que nous examinerons en détail ailleurs. Nous n'en retiendrons qu'une ici.

Un cheval sain en apparence, ne présentant aucun antécédent ni aucun signe qui puisse faire soupçonner l'existence, chez lui, de l'anémie infectieuse, est porteur dans la région dorsale d'une plaie de harnachement. Celle-ci, de 5$^{em}$ de diamètre environ, est superficielle et en voie de cicatrisation. Le 7 octobre, elle est arrosée avec quelques centimètres cubes de sérum conservé à la chambre froide (à + 4°), et prélevé trois mois auparavant sur un cheval en pleine crise d'anémie infectieuse. Une lame mince de coton imbibée de quelques gouttes de ce sérum est collée sur la plaie. Ce pansement est répété, avec le même sérum, les 8, 9, 11, 14, 16, 18 octobre. Le 20 et le 24 octobre, la plaie, qui est réduite à un diamètre de 2$^{em}$, est arrosée de la même façon avec du sang virulent frais; 31 jours après le dernier pansement, ce sujet présente un accès aigu typique d'anémie infectieuse (maximum de température 40°,8) durant quatre jours; un nouvel accès, évoluant en 5 jours, est enregistré trois semaines plus tard (maximum de température 40°,7).

Si de nouvelles expériences confirment ce moyen de pénétration du virus, nous aurons l'explication du mode de contagion indirecte, ainsi que celle du rôle probable, quoique non encore réellement démontré, de certains insectes dans la transmission de la maladie.

Nous avons pu faire, en outre, une observation analogue à celle déjà

---

(1) Séance du 15 janvier 1934.

(2) G. Ramon et E. Lemétayer, *Bull. de l'Académie vétérinaire*, 4, 1931, n° 6, p. 279; E. Lemétayer, *ibid.*, 5, 1932, v, p. 231; 6, 1933, iii, p. 97.

relatée par quelques expérimentateurs, mais présentant cependant diverses particularités.

Un cheval (n° M[le] 17) qui, détail à noter, a reçu antérieurement dans un but purement expérimental de nombreuses injections d'antigène streptococcique, est inoculé dans la veine avec $60^{cm^3}$ de sang provenant d'un cheval anémique. Alors que deux autres chevaux inoculés dans les mêmes conditions succombent à la maladie, en l'espace de deux semaines, le cheval 17 après avoir présenté deux accès suraigus, se rétablit. Durant trois années ce même cheval fort bien portant, dont la température demeure normale, reçoit à différents intervalles six injections de matière sûrement virulente : sang ou sérum. A aucun moment, il ne présente d'accès; il offre donc une résistance parfaite aux surinfections exogènes et aussi, nous pouvons ajouter, aux surinfections endogènes; en effet, des prélèvements de sang étant effectués à différentes reprises chez cet animal et le sérum recueilli (ou le sang lui-même) étant injecté chaque fois à un cheval neuf, quatre fois sur sept, le sérum s'est révélé virulent.

Ainsi le cheval 17, qui a résisté à une infection expérimentale sévère, se montre résistant aux surinfections tout en étant, à certains moments, porteur de virus; alors qu'il possède lui-même l'immunité, son sérum est incapable de transmettre cette immunité à d'autres animaux; bien au contraire, il leur transmet l'affection mortelle.

Par analogie avec la préparation des anatoxines, et à l'image de ce qui a été tenté avec d'autres virus, nous avons cherché à transformer le virus de l'anémie en vaccin. Dans ce but, du sérum virulent est formolé dans la proportion de $1^{cm^3}$ de formol pour un litre de sérum, puis il est étuvé pendant quatre jours à 37°. Un animal neuf, injecté à deux reprises avec ce virus formolé, présente une forme subaiguë de l'infection et meurt. Dans d'autres essais, du sérum virulent est additionné de $0^{cm^3},5$ de formol par litre, puis chauffé à 55-56° durant 40 minutes; il perd ainsi sa virulence, mais injecté à un cheval neuf il ne lui confère aucune résistance à l'épreuve expérimentale. Des macérations de pulpe de rate, de pulpe de foie, provenant de sujets morts d'anémie et très riches en virus, sont formolées à 5 pour 1000 puis soumises ou non à l'action de la température de l'étuve (37°). L'injection de doses variables est supportée sans dommage par des chevaux neufs, mais ces animaux, éprouvés en même temps que des témoins au moyen d'un virus actif, et dans des conditions sévères, ne présentent aucune résistance particulière. Nos essais d'immunisation ainsi conduits ont donc échoué.

Notre longue série d'expériences nous a permis, par ailleurs, de constater l'existence de virus d'activité différente. Le virus utilisé au début de nos essais agissait après une période d'incubation relativement courte, et la

maladie évoluait très rapidement vers une issue presque toujours fatale. Par contre, nous avons recueilli, par la suite, des virus de différentes provenances qui se sont montrés en général moins actifs; la maladie provoquée revêt le plus souvent la forme chronique et les animaux inoculés ne succombent pas, ou seulement à très longue échéance.

Ce que les faits déjà connus et nos propres essais nous ont appris concernant, d'une part les porteurs de virus, leur résistance à la surinfection, leur capacité d'infection à l'égard des autres chevaux, d'autre part l'absence d'immunité chez les animaux vaccinés avec un virus tué, l'existence de virus de variable virulence et de pouvoir pathogène plus ou moins affaibli, nous engagent à poursuivre nos recherches dans une direction nouvelle.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Pouvoir anthelminthique de certains composés chlorés du butane dans la cylicostomose du cheval.* Note [1] de M. **Marcenac**, présentée par M. Delépine.

Du point de vue curatif, il n'existait pas jusqu'à ces derniers temps, contre la cylicostomose du cheval, de chimiothérapie vraiment efficace. L'action médicamenteuse idéale, à rechercher aussi polyvalente que possible par rapport aux divers stades d'évolution du parasite, doit porter :

1° sur les larves infestantes, récemment ingérées, mélangées au contenu intestinal, avant leur pénétration dans la muqueuse du cæcum et du côlon;

2° sur les adultes et préadultes de la lumière intestinale;

3° sur les œufs émis par les femelles avant leur expulsion avec les matières fécales.

Cette atteinte concomitante complète s'est toujours montrée de réalisation difficile. Les multiples médications anticylicostomiennes préconisées restent trop souvent insuffisamment efficaces contre les parasites adultes; les larves intrakystiques, protégées par leur coque réactionnelle, sont peu aisées à atteindre, les œufs et larves libres échappent, en général, aux anthelminthiques.

Dans le traitement de la cylicostomose, un vermifuge ne peut être opérant qu'à la condition formelle d'être d'abord spécifique à l'égard de l'espèce parasitaire en cause; il doit également être très peu soluble,

[1] Séance du 15 janvier 1934.

capable par conséquent de ne subir ni absorption, ni transformation nuisible, avant d'agir au siège même, fort lointain, des Nématodes en question.

Les diverses thérapeutiques essayées n'ont pas toujours tenu compte suffisamment de ces nécessités d'action propre et d'insolubilité. A l'exception du tétrachloréthylène dont le taux efficace est par trop voisin de la dose léthale et surtout du chlorure de butylidène, préconisé en Amérique par Wright, Raffenspeyer, Bozicevitch, Underwood, Schaffer [1], les très nombreux produits essayés n'ont donné que des résultats nuls ou imparfaits.

Les recherches que nous avons entreprises ont étudié à l'exemple de nombreux auteurs d'Outre-Atlantique, notamment de Willard, Wright, Schaffer [2], le pouvoir anthelminthique et toxique de plusieurs corps, comparé à leurs caractéristiques physiques et chimiques (solubilité, structure de la molécule, position de l'atome Cl).

Parmi ces corps, certains composés chlorés du butane, absolument inédits dans leur utilisation comme vermifuge, ont été retenus, en raison de leur innocuité dans d'assez larges limites d'emploi et de leur valeur réelle contre les Cylicostomes.

Le dichloro-2.2-butane ($CH^3.CCl^2.CH^2.CH^3$) et le chloro-2-butène qui en dérive par perte de ClH [3] nous ont procuré de remarquables résultats, chez des malades plus ou moins cachectisés (quelques-uns abandonnés thérapeutiquement), soumis à ces médications suivant un protocole sévère : pesées, examen des grandes fonctions, recherches coprologiques complètes, au cours de longues observations cliniques [4].

La dose utile de ces corps, employés purs ou en mélange, est de $0^{cm^3},18$ à $0^{cm^3},20$ par kilogramme de poids vif.

Une purgation consécutive, à l'huile de lin, assure l'élimination d'un nombre considérable (1500, 2000, 4000) de Cylicostomes morts, avec des coefficients d'expulsion (rapport entre le total des vers évacués et la teneur

---

(1) *Journ. of Agricultural Research*, **43**, 1931, p. 287; *Veterinary medecine*, 1933, p. 52.

(2) Etude critique expérimentale de l'action des anthelminthiques chlorés par rapport à leur structure chimique et à leurs propriétés physiques (*Journ. Parasitol.*, **16**, 1929, p. 107).

(3) Beilstein, dans son traité, lui donne la formule $CH^2:CCl.CH^2.CH^3$, mais la formule $CH^3CCl:CH.CH^3$ est plus probable.

(4) Les premiers résultats de ces essais ont été rapportés à la *Société vétérinaire pratique de France*, 1933, p. 141, 219 et 270.

moyenne en œufs des préparations microscópiques de fèces, avant le traitement) de 200 à 300; à noter que ce coefficient ne dépasse guère 40 à 50 avec les autres anthelminthiques classiquement recommandés.

La durée du contact des composés chlorés du butane au niveau de la muqueuse cæco-colique se prolonge pendant 4 à 5 jours, ainsi qu'en témoigne l'odeur fortement alliacée des excréments, pendant ce délai; cette particularité, extrêmement intéressante à souligner, favorise au plus haut point le pouvoir destructif sur les larves intrakystiques.

L'absorption tardive de ces corps, dédoublés, donne à l'air expiré la même forte odeur alliacée, pendant 6 à 7 jours. Le passage dans la circulation générale de ces produits de décomposition constitue un facteur supplémentaire d'efficacité à l'égard du contenu des kystes intramuqueux.

Les larves libres des premier et deuxième stades, placées *in vitro*, au contact du dichlorobutane et du chlorobutène, sont tuées rapidement; les œufs touchés par le vermifuge ont, dans une notable proportion, leur segmentation arrêtée; les copro-cultures restent négatives.

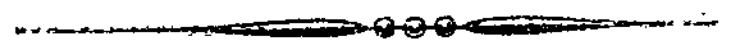
En *résumé*, le pouvoir anthelminthique du dichlorobutane et du chlorobutène, dans la cylicostomose du cheval, est nettement positif, dépassant largement celui des autres produits habituellement préconisés.

Cette médication ne comporte pas de contre-indications.

Elle atteint les parasites aux divers stades de leur évolution, assurant de ce fait une guérison certaine et durable : la reprise du poids est rapide et la récupération de vigueur marche de pair avec le retour de l'embonpoint.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.



# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 5 FÉVRIER 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. M. **Delépine** dépose sur le bureau de l'Académie, pour les Archives, un *cahier de notes de laboratoire* ayant appartenu à **Marcelin Berthelot**. L'intérêt de ce cahier, c'est qu'il se rapporte à une période peu connue de l'activité de Berthelot, celle où il dirigeait et contrôlait les fabrications chimiques de la Maison Menier, à Noisiel. Cette période s'étend du 26 octobre 1860 au 23 mai 1863, d'après les inscriptions portées par Berthelot même sur son cahier.

M. le sénateur Gaston Menier a fait reproduire d'une façon parfaite ces pages de Berthelot dans une plaquette qu'il a offerte à la Bibliothèque de l'Institut.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des systèmes d'équations aux dérivées partielles à deux variables réductibles à un système linéaire de Laplace.* Note (¹) de M. **Jules Drach**.

J'ai donné (²) et plus récemment, à l'Académie (³) de nombreux exemples d'équations aux dérivées partielles de tous les ordres, à une fonction inconnue de *deux* variables indépendantes, que l'on peut intégrer par la résolution d'un système d'équations de Laplace et des quadratures de différentielles totales, en introduisant *explicitement* les *caractéristiques*

---

(¹) Séance du 29 janvier 1934.

(²) *Proceedings of the Int. Math. Congress.*, *Toronto*, 1, 1924, p. 473-510.

(³) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1337, et 196, 1933, p. 310.

*d'Ampère* du problème. On trouvera ici un exemple beaucoup plus général dont l'étude éclairera la théorie des applications déjà faites; il n'y intervient comme toujours que des fonctions arbitraires de deux arguments.

1. Il s'agit du système d'équations

$$(\Sigma) \qquad \frac{\partial \varphi_i}{\partial x} + \zeta_i \frac{\partial \varphi_i}{\partial y} = 0 \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

où les $\zeta_i$ sont des fonctions *données* de $\varphi_1, \ldots, \varphi_n$, système qui conduit pour $\varphi_i$, dépendant de $x$ et $y$, à une équation d'ordre $n$. Je veux d'abord *déterminer les cas où le système correspondant aux différentielles totales*, à $(n+2)$ variables $x, y, \varphi_1, \ldots, \varphi_n$,

$$(S) \qquad dy - \zeta_i\, dx = \Gamma_i\, d\varphi_i \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

est tel qu'*on peut trouver des $\Gamma_i$, dépendant des $\varphi_i$, de manière que* (S) *admette $n$ combinaisons intégrables*.

Ceci entraîne entre les $\Gamma_i$ et les $\zeta_i$ les relations

$$(1) \qquad -\frac{\partial \zeta_i}{\partial \varphi_i} + \sum_j \frac{1}{\Gamma_j}\left[-\Gamma_i \frac{\partial \zeta_i}{\partial \varphi_j} + (\zeta_i - \zeta_j)\frac{\partial \Gamma_i}{\partial \varphi_j}\right] = 0 \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

que nous remplaçons par

$$(2) \qquad \frac{\partial \Gamma_i}{\partial \varphi_j} = \Gamma_i \alpha_{ij} + \Gamma_j \omega_{ij} \qquad (j \neq i = 1, \ldots, n),$$

où l'on a $\partial\zeta_i/\partial\varphi_j = (\zeta_i - \zeta_j)\alpha_{ij}$, et par

$$(3) \qquad \frac{\partial \zeta_i}{\partial \varphi_i} = \sum_j (\zeta_i - \zeta_j)\omega_{ij} \qquad (i = 1, \ldots, n).$$

Nous cherchons maintenant si l'on peut choisir les $\alpha_{ij}$ et $\omega_{ij}$ de façon que le *système linéaire* (2) *soit complètement intégrable*. On trouve ainsi d'une part : $\alpha_{ij} = (-1/a_i)\partial a_i/\partial\varphi_j$, les $a_i$ étant $n$ fonctions nouvelles et, d'autre part, en posant $a_i\omega_{ik} = a_k\gamma_{ik}$, que les fonctions $\gamma_{ik}$ satisfont aux relations classiques

$$(4) \qquad \frac{\partial \gamma_{ik}}{\partial \varphi_l} = \gamma_{il}\gamma_{lk} \qquad (i \neq k \neq l = 1, \ldots, n),$$

que G. Darboux a rencontrées dans l'étude des *systèmes conjugués de l'espace euclidien* $E_n$, *à n dimensions* [1].

[1] G. Darboux, *Leçons sur les systèmes orthogonaux*, etc., 1910, Livre III, Chap. II et III.

Les équations en $\zeta_i$ et $a_i$ font de même apparaître un autre système conjugué, où les éléments $\beta_{ik}$, homologues des $\gamma_{ik}$, sont donnés par

$$(5) \qquad \frac{\partial a_i}{\partial \varphi_k} = a_k \beta_{ik} \qquad (i \neq k = 1, \ldots, n),$$

les fonctions $\zeta_i$ permettant de former deux systèmes *parallèles* à l'aide des relations

$$(6) \qquad \frac{\partial u'}{\partial \varphi_i} = \zeta_i \frac{\partial u}{\partial \varphi_i} \qquad (i = 1, \ldots, n),$$

qui donnent en $u$ un système complètement intégrable. A toute solution $U_i (i = 1, \ldots, n)$ du système

$$(7) \qquad \frac{\partial U_i}{\partial \varphi_k} = U_k \beta_{ki} \qquad (i \neq k = 1, \ldots, n)$$

on fait correspondre une fonction $u$ donnée par $\partial U / \partial \varphi_i = a_i U_i$; la fonction $u'$ étant définie par $\partial u' / \partial \varphi_i = a_i \zeta_i U_i$, on est conduit à poser $a_i \zeta_i = a'_i$ et les $a'_i$ *sont alors une nouvelle solution de* (5).

Ces expressions des $\zeta_i$, portées dans les relations qui les lient aux $a_i$ et aux $\gamma_{ik}$, donnent pour les $a_i$ des équations que l'on peut écrire

$$(8) \qquad \frac{\partial a_i}{\partial \varphi_i} + \sum_j a_j \gamma_{ij} = \lambda_i a_i \qquad (i = 1, \ldots, n)$$

*et qui sont aussi vérifiées par les* $a'_i$, avec les mêmes valeurs des $\lambda_i$, inconnus.

Les équations (5) et (8) donnent les $a_i$ (et les $a'_i$) à partir des $\beta_{ik}$, $\gamma_{ik}$, $\lambda_i$; si l'on veut que ces $a_i$ dépendent de $n$ constantes arbitraires, on trouvera que les $\lambda_i$ sont donnés *sans intégration*, d'une manière unique, au moyen des $\gamma_{ik}$, $\beta_{ik}$. Ces dernières fonctions devront satisfaire à des *conditions de possibilité*, où l'on reconnaît que *les* $\beta_{ik}$ *et* $\gamma_{ik}$ *peuvent définir deux systèmes conjugués supplémentaires*, au sens adopté par G. Darboux (*loc. cit.*). *Cette condition est suffisante.*

2. Le problème posé admet donc la solution suivante :

On part d'un système de $\beta_{ik}$ vérifiant les équations (4) et l'on détermine une solution $\sigma_i (i = 1, \ldots, n)$ du système (7) et $n$ solutions *linéairement indépendantes* $\xi_i^j$ du système *associé*

$$\frac{\partial \xi_i}{\partial \varphi_k} = \xi_k \beta_{ik},$$

d'où l'on déduit $n$ fonctions $x_j$ par leurs dérivées $\partial x_j / \partial \varphi_k = \sigma_k \xi_k^j$.

Les fonctions $y_1, \ldots, y_n$, définies par

$$y_1 \frac{\partial x_1}{\partial \varphi_k} + \ldots + y_n \frac{\partial x_n}{\partial \varphi_k} = \frac{\partial \theta}{\partial \varphi_k} \qquad (k = 1, \ldots, n), \tag{9}$$

où $\theta$ est une solution quelconque du système de Laplace, vérifié par les $x_i$, sont les coordonnées cartésiennes du *système supplémentaire* des $x_i$; elles donneront les $\gamma_{ik}$. On peut aussi observer que l'on a $\partial\theta/\partial\varphi_k = \sigma_k \xi_k^0$, les $\xi_k^0 (k = 1, \ldots, n)$ étant une nouvelle solution des équations aux $\xi_i$, poser $\partial y_i/\partial\varphi_k = \tau_k \eta_k^i$ et calculer les $\eta_k^i$ par les conditions d'*orthogonalité* classiques

$$\sum_i \eta_k^i \xi_l^i = \varepsilon_{kl},$$

puis en déduire les $\gamma_{ik}$.

Les $\gamma_{ik}$ étant connus à partir des $\beta_{ik}$, on connaît aussi les $\lambda_i$.

Les $a_i$ sont la solution générale du système linéaire (5), (8); elle dépend de $n$ constantes; les $a'_i$ sont *cette même solution avec d'autres constantes.*

*Le système initial* $(\Sigma)$, où $a_i \zeta_i = a'_i$, *est donc déterminé.* Pour obtenir les $\Gamma_i$, on observe qu'en posant $a_i \Gamma_i = b_i$, on trouve que les $b_i$ sont une solution du *système linéaire*,

$$\frac{\partial b_i}{\partial \varphi_k} = b_k \gamma_{ik}, \tag{10}$$

dont la solution générale dépend de $n$ *fonctions arbitraires d'un des arguments* $\varphi_i$. L'intégration de (10) donne donc les $\Gamma_i$.

3. Il reste à former, après fixation des $\Gamma_i$, les combinaisons intégrables de (S) qui s'écrit, à nouveau,

$$a_i\, dy - a'_i\, dx - b_i\, d\varphi_i = 0 \qquad (i = 1, \ldots, n). \tag{S}$$

Si les $\mu_i$ sont les *multiplicateurs*, pour lesquels

$$\Sigma \mu_i (a_i\, dy - a'_i\, dx - b_i\, d\varphi_i) = d\Omega_i,$$

il est possible de les choisir de manière que l'on ait

$$\Sigma \mu_i a_i = c, \qquad \Sigma \mu_i a'_i = c',$$

$c$ et $c'$ étant deux constantes; il suffit pour cela d'avoir

$$\frac{\partial \mu_i}{\partial \varphi_k} = \mu_k \gamma_{ki}, \tag{11}$$

système associé à (10) et

$$\frac{\partial \mu_k}{\partial \varphi_k} + \Sigma \mu_i \beta_{ki} = -\mu_k \lambda_k, \tag{12}$$

à rapprocher de (5) et (8).

La solution générale de ce système *linéaire* en $\mu_i$ dépend de $n$ constantes, qui donnent autant d'intégrales de (S). Leur forme est

$$\Omega_i = c_i y - c'_i x + \Phi_i(\varphi_1, \ldots, \varphi_n),$$

et l'on observera que *les $\mu_i$ ne dépendent pas des $b_i$*; la raison en est manifeste.

En résumé, nous avons formé un système ($\Sigma$) qui comporte autant d'arbitraires que le *couple de systèmes conjugués supplémentaires le plus général*, et nous avons ramené son intégration à celle du système linéaire (10), de (11) et (12) *et à dès quadratures.*

Rappelons ici que nous avons établi autrefois que le système conjugué le plus général de $E_n$ ne dépend que de $n(n-1)/2$ fonctions arbitraires de *deux* arguments.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *La toxicité de l'aluminium selon la voie d'entrée.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **P. Serbescu**.

Nous avons établi antérieurement que l'aluminium n'était pas plus nocif que le fer, qu'il était, en tout cas, beaucoup moins toxique que d'autres métaux, tels que le cuivre et le nickel, utilisés comme lui dans la fabrication des ustensiles de cuisine [1].

Nos expériences avaient été effectuées sur des lapins et sur des cobayes en injectant les solutions métalliques sous la peau, dans des conditions aussi favorables que possible à la précision des mesures. Comme les activités toxiques sont très différentes suivant les modes d'introduction des substances expérimentées et que nous cherchions surtout à résoudre un problème touchant à l'hygiène alimentaire, nous avons essayé d'établir par

[1] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 128.

de nouvelles expériences ce que devenait la toxicité de l'aluminium quand on l'administrait par la bouche.

Dans nos premières expériences, l'aluminium, injecté à l'état de sulfate et à la concentration de $1^g$ par litre, amenait, à la dose de $100^{mg}$ par kilogramme de poids vif, la mort du lapin en 7 à 10 heures [1]. Nous ajouterons que la durée de survie après l'administration de l'aluminium augmente rapidement lorsqu'on diminue la proportion du métal injecté. Avec la dose minima d'aluminium que nous avons reconnue mortelle, c'est-à-dire $10^{mg}$ par kilogramme, l'animal succombe seulement après 276 à 288 heures.

Dans les nouvelles expériences, nous avons introduit l'aluminium directement dans l'estomac des lapins à l'aide d'une sonde œsophagienne. Le métal était dissous à raison de $10^g$ par litre sous forme de sulfate cristallisé. La dose mise en expérience était mesurée et poussée dans la sonde à l'aide d'une seringue en verre graduée. Pour assurer la pénétration totale du sel aluminique dans l'estomac, on poussait ensuite un volume d'eau distillée égal à deux fois celui de la solution.

Comme on pouvait s'y attendre, l'aluminium s'est montré moins toxique quand il a été introduit dans l'estomac que lorsqu'il a été injecté sous la peau. Nous avons évalué cette différence par deux séries d'expériences comprenant chacune cinq animaux et nous avons obtenu les résultats suivants, en ne donnant que ceux des séries les plus étroitement comparables :

(1) En injection intrapéritonéale, la mort était plus rapide; nous avons observé, en effet, pour une injection de $100^{mg}$ d'aluminium par kilogramme à l'état de sulfate cristallisé :

| Poids des lapins. | Durées des survies individuelles. | Durées des survies moyenne. |
|---|---|---|
| $340^g$ | $3^h.40^m$ | |
| 395 | 4.00 | |
| 345 | 4.05 | $4^h44^m$ |
| 365 | 5.10 | |
| 320 | 5.25 | |

TABLEAU I.

| Quantité d'Al par kilogr. d'animal. | Poids des animaux. | Durées des survies individuelles. | Durées des survies moyennes. |
|---|---|---|---|
| | *A. — Injection sous-cutanée.* | | |
| 100 mg | 1820 g | 7 h 05 m | 8 h 09 m |
| » | 1830 | 6.30 | |
| » | 2150 | 7.53 | |
| » | 2100 | 8.45 | |
| » | 1950 | 10.35 | |
| 125 | 1850 g | 3.05 | 6.12 |
| » | 2450 | 4.30 | |
| » | 1950 | 5.15 | |
| » | 2000 | 7.22 | |
| » | 2100 | 10.10 | |
| 150 | 2100 mg | 5.18 | 4.31 |
| » | 2200 | 3.30 | |
| » | 2250 | 2.47 | |
| » | 1920 | 5.30 | |
| » | 1800 | 5.30 | |
| | *B. — Administration* per os. | | |
| 400 | 1980 g | 6.10 | 7.07 |
| » | 1260 | 6.15 | |
| » | 2300 | 4.05 | |
| » | 1840 | 9.05 | |
| » | 1840 | 10.00 | |

Il apparaît dans ces expériences que la toxicité de l'aluminium est près de quatre fois moins grande lorsque le métal est introduit dans l'estomac que lorsqu'il pénètre dans la circulation par la voie hypodermique.

En opérant avec des doses plus réduites d'aluminium, voisines de la dose léthale minima, nous avons encore obtenu des intoxications mortelles par introduction dans l'estomac de 50 mg de métal par kilogramme de poids vif, mais seulement chez quatre lapins sur cinq.

TABLEAU II.

| Quantité d'Al par kilogramme d'animal. | Poids des animaux. | Durée des survies. |
|---|---|---|
| 50 mg | 1820 g | 33 jours |
| » | 1950 | 44 » |
| » | 1750 | 49 » |
| » | 2300 | 47 » |
| » | 2250 | encore vivant après 5 mois |

Avec la dose de $25^{mg}$, trois animaux ont succombé après 38, 45 et 50 jours, mais d'une affection pulmonaire; les deux autres ont pu être conservés bien portants pendant plusieurs mois, comme celui de la série précédente.

Enfin, nous n'avons jamais observé d'accident avec la dose de $20^{mg}$ d'aluminium par kilogramme d'animal.

Ces résultats corroborent la conclusion à laquelle nous étions arrivés à la suite de nos premières expériences touchant la faible nocivité de l'aluminium introduit dans les substances alimentaires au cours de leur préparation normale.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la décomposition d'un noyau en noyaux canoniques.* Note de M. **J. Haag.**

1. Je me propose, dans cette Note, d'indiquer une méthode *directe* de décomposition du noyau d'une équation de Fredholm en noyaux canoniques, sans utiliser, en aucune manière, la théorie des substitutions linéaires.

Je m'appuierai sur le théorème suivant (¹) :

*Soit l'équation de Fredholm*

$$f(x) = \lambda \int_a^b K(x, s) f(s)\, ds + F(x),$$

*dont le noyau est de la forme*

$$K(x, y) = K_1(x, y) + t K_2(x, y).$$

(¹) Ce théorème est un cas particulier d'un théorème plus général, qui vient de m'être signalé par M. Georges Giraud et qui est actuellement sous presse.

*Considérons l'équation auxiliaire*

$$g(x) = \lambda \int_a^b K_1(x, s) g(s)\, ds + G(x). \tag{1}$$

*Soient* $K'(x, y)$ *et* $F_1(x)$ *les solutions de cette équation quand on remplace* $G(x)$ *par* $K_2(x, y)$ *ou par* $F(x)$. *La fonction* $f(x)$ *satisfait à l'équation*

$$f(x) = \mu \int_a^b K'(x, s) f(s)\, ds + F_1(x), \qquad \lambda = \mu t.$$

*Si* $\Gamma_1(x, y; \lambda)$ *et* $\Gamma'(x, y; \mu)$ *sont les noyaux résolvants de* $K_1$ *et* $K'$, *le noyau résolvant de* $K$ *est*

$$\Gamma = \Gamma_1(x, y; \lambda) + t\,\Gamma'(x, y; \mu) + \mu \int_a^b \Gamma'(x, s; \mu) \Gamma_1(s, y; \lambda)\, ds.$$

2. Considérons maintenant le cas particulier où le noyau K est de la forme

$$K(x, y) = XY + K_1(x, y),$$

X et Y désignant respectivement une fonction de $x$ et une fonction de $y$. Soit X′ la solution de (1) pour $G(x) = X$ et soit Y′ la solution de l'équation associée, où l'on remplace G par Y. Posons ([1])

$$C = 1 - \lambda(XY') = 1 - \lambda(X'Y).$$

*Le noyau résolvant de* $K(x, y)$ *est*

$$\Gamma(x, y; \lambda) = \frac{X'Y'}{C} + \Gamma_1(x, y; \lambda).$$

3. Cela posé, *partons d'un noyau quelconque*, dont la résolvante admet le pôle $\lambda = c$. Soit $X_1$ une de ses fondamentales. Choisissons arbitrairement une fonction $Y_1$ de $y$, assujettie à la seule condition

$$c(X_1 Y_1) = 1.$$

Considérons la fonction $Z_1$, déterminée par l'équation

$$Z_1(y) = \lambda \int_a^b K(s, y) Z_1(s)\, ds + \left(1 - \frac{\lambda}{c}\right) Y_1(y).$$

---

[1] Suivant une notation connue, je pose, d'une manière générale,

$$(XY) = \int_a^b X(s) Y(s)\, ds.$$

Si l'on appelle $\Gamma_1(x, y; \lambda)$ et $D_1(\lambda)$ la résolvante et la déterminante du noyau $K_1 = K - X_1 Y_1$, la résolvante et la déterminante de K sont données par les formules

$$\Gamma = \frac{X_1 Z_1}{1 - \frac{\lambda}{c}} + \Gamma_1, \qquad D(\lambda) = \left(1 - \frac{\lambda}{c}\right) D_1(\lambda).$$

De plus, on a [1]

$$c(X_1 Z_1) = 1; \qquad K_1(X_1) = 0.$$

De la deuxième de ces relations, il résulte que $X_1$ *ne peut plus être fondamentale de* $K_1$.

En opérant sur $K_1$ comme sur K et répétant l'opération un nombre de fois égal à l'ordre de multiplicité $m$ de $c$ dans $D(\lambda)$, on aboutit à

$$(2) \qquad K(x, y) = \sum_{i=1}^{m} X_i Y_i + K_m(x, y);$$

$$(3) \qquad \Gamma(x, y; \lambda) = \frac{\Sigma X_i Z_i}{1 - \frac{\lambda}{c}} + \Gamma_m(x, y; \lambda).$$

*On a extrait la partie principale du noyau résolvant;* mais, en général, elle n'est pas décomposée en noyaux canoniques.

4. Pour obtenir cette décomposition, il suffit de choisir convenablement les fonctions successives $X_i$, $Y_i$.

Partons d'une fonction quelconque $g(y)$, que nous appellerons *fonction génératrice* et considérons l'équation

$$(4) \qquad (1 + \mu) G(y) = \mu c \int_a^b K(s, y) G(s)\, ds + g(y); \qquad \mu = \frac{\lambda}{c - \lambda}.$$

Si $n$ est l'ordre de multiplicité du pôle $c$ pour $\Gamma(x, y; \lambda)$, on a [2]

$$(5) \qquad G(y) = Y_n \mu^{n-1} + Y_{n-1} \mu^{n-2} + \ldots + Y_2 \mu + Y_1 + \frac{Y_0}{\mu} + \frac{Y_{-1}}{\mu^2} + \ldots.$$

---

(1) Suivant une autre notation connue, je pose

$$K(X) = \int_a^b K(x, s) X(s)\, ds.$$

(2) Je suppose que $g(y)$ n'est pas orthogonale au coefficient $A(x, y)$ de $1/(\lambda - c)^n$ dans Γ. Il suffit, par exemple, de prendre $g(y) = A(y, y_0)$, $y_0$ désignant une valeur numérique quelconque.

Appelons *génératrice canonique* la fonction $Y_1(y)$. La fonction G correspondante se réduit à la partie entière de (5).

En partant d'une fonction génératrice $f(x)$, on obtient, de même, un développement de la forme

$$X_1\mu^{n-1}+X_2\mu^{n-2}+\ldots+X_{n-1}\mu+X_n+\frac{X_{n+1}}{\mu}+\frac{X_{n+2}}{\mu^2}+\ldots$$

et nous appellerons encore *génératrice canonique* la fonction $X_n$.

5. Appliquons successivement la méthode du n° 3 aux fonctions $(X_1, Y_1)$; $(X_2, Y_2)$; ...; $(X_n, Y_n)$. *Nous obtenons un noyau canonique.* En outre, le noyau résiduel $K_n$ n'admet plus les fondamentales $X_1$ et $Y_n$.

En opérant de la même manière sur $K_n$ et ainsi de suite, on perd chaque fois deux fondamentales. Si le nombre des fondamentales est égal à $2r$, au bout de $r$ opérations, on a extrait $r$ noyaux canoniques et perdu toutes les fondamentales. Le dernier noyau résiduel n'a plus de fondamentales; donc, sa résolvante n'admet plus $c$ comme pôle; *la décomposition est terminée.*

ASTRONOMIE. — *Sur le pouvoir séparateur pour deux composantes égales.* Note [1] de M. **Louis Roy.**

Appelons pouvoir séparateur *réel* pour deux composantes égales la distance angulaire P de ces composantes, pour laquelle les deux taches centrales de diffraction n'ont qu'un seul point commun; P est ainsi une fonction de l'ouverture D et de la magnitude commune $m$ des composantes. Par analogie avec l'expression 142'' : D du rayon du premier anneau noir (D en millimètres), qu'on peut appeler le pouvoir séparateur *théorique*, on a coutume de l'écrire

$$P=\frac{a}{D}, \tag{1}$$

$a$ étant une fonction de $m$, D, bien improprement appelée *constante de séparation*, qui, d'après Dawes, serait égale à 115,8 pour $m=6$ et $D=25^{mm},4$. L'observation de Foucault sur $\gamma_2$ Andromedæ, pour $D=330^{mm}$, est trop imprécise pour pouvoir en faire état.

Le but de la présente Note est de montrer que la connaissance de la fonc-

---

[1] Séance du 15 janvier 1934.

tion

$$y_0 = g(m, D), \qquad (2)$$

qui résulte, comme nous l'avons vu ([1]), de la surface des diamètres apparents, permet la détermination effective de la fonction $a$.

On a, en effet, $\alpha = P$, quand $m$ et D ont des valeurs telles que la tache centrale résultante se présente sous la forme d'un huit ou, à la limite, sous la forme d'un trait; ce qui exige que le solide résultant S présente un col O′ ou, à la limite, ait pour sommet un segment de droite ($x \geqq 3$) et que la courbe du minimum d'éclairement perceptible passe par O′ ou soit constituée par ce segment. On a alors, d'après la formule (2) de notre précédente Note,

$$x = 0{,}02716\,PD, \qquad (3)$$

P étant exprimé en secondes et D en millimètres. Si l'on admet, d'autre part, que l'éclairement en chaque point de la tache centrale soit assimilable à celui de deux étoiles qui occuperaient les deux points d'éclairement maximum et qui auraient pour magnitude commune la magnitude apparente

$$M = m - 2{,}5 \log Y_0 \qquad (4)$$

de chaque composante, on doit avoir en même temps d'après (2)

$$\frac{Y'_0}{Y_0} = g(M, D). \qquad (5)$$

Le calcul effectif de P se fait dès lors comme il suit : on se donne M et D, d'où l'on déduit $Y'_0/Y_0$ d'après (5), puis $Y_0$ et $x$ d'après les tables des fonctions $Y'_0/Y_0$ et $Y_0$ de $x$; on a ensuite P d'après (3), puis $m$ d'après (4).

La séparation n'est donc possible que pour $x \geqq 3$. Or, quand $x$ tend vers 3 par valeurs décroissantes, la limite de P est, d'après (3), $110'',5$ : D. Comme, en même temps, $Y'_0/Y_0$ tend vers 1, la limite correspondante de M est la magnitude limite relative à l'ouverture D.

Ainsi la limite inférieure du *nombre a* de Dawes est $110'',5$ et cette valeur s'applique au couple qui *cesse* d'être accessible à l'ouverture D.

Voici maintenant les autres résultats auxquels ou parvient : à ouverture constante, $a$, et par suite P, est une fonction constamment décroissante

---

([1]) Voir *Comptes rendus*, **198**, 1934. p. 304 et 416.

de $m$. La décroissance est d'abord assez rapide pour l'être ensuite beaucoup moins, dès que $m$ est devenu de l'ordre de la moitié de la magnitude limite relative à l'ouverture considérée. A magnitude constante et D croissant à partir de l'ouverture limite correspondante, $a$ commence par croître, à partir de la valeur 110″,5 commune à toutes les magnitudes, passe par un maximum pour décroître lentement ensuite. L'amplitude de cette variation décroît et l'abscisse du maximum croît à mesure que $m$ augmente. Comme $Y'_0/Y_0$ est une fonction décroissante de $x$, par suite de $a$, il en résulte que, pour chaque valeur de M, le maximum de $a$ a lieu pour la même valeur de D que le minimum de $y_0$. En particulier, le maximum maximorum de $a$, pour $M \geqq 0$, qui est 234″,5 pour $M = 0$, a lieu pour la même valeur $D = 165^{mm}$ que le minimum minimorum de $y_0$.

Pour $M = 6$ et $D = 25^{mm},4$, d'où $m = 6,06$, on trouve d'autre part $a = 116'',7$, valeur qui n'excède que de 1 pour 100 celle que Dawes avait trouvée empiriquement.

En définitive, la *constante de séparation a* est susceptible de varier du simple au double suivant les valeurs de $m$ et de D considérées.

Enfin, nous avons vu que les centres lumineux de la tache centrale résultante, dont la *distance* est $x'$, sont plus rapprochés que les composantes réelles pour $x < 3,85$, c'est-à-dire lorsque la distance de celles-ci est inférieure au pouvoir séparateur théorique. On est ainsi conduit à la notion de pouvoir séparateur *apparent* P′ défini, d'après (3), par l'égalité

$$x' = 0,02716\,P'D,$$

de sorte que $P/P'$ décroît de 3 à 1, quand $x$ croît de 3 à 3,85; pour $x \geqq 3,85$, on a $P = P'$.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur l'orage du 1^er^ juin 1933 à Hanoï (Tonkin).* Note de M. **E. Mathias.**

1. On doit à M. Marcel Beauchier, des observations d'une rare précision qu'on peut résumer comme suit.

Après une journée très chaude (33° dans les appartements), l'orage qui tenait le *nord* et l'*est* du delta pointait sur la ville. Il était environ $20^h 50^m$ lorsque M. et M^me^ Beauchier longeaient le boulevard Carreau à Hanoï. Arrivés à la hauteur de l'*École des Arts appliqués*, où les arbres laissent voir

une large étendue de ciel, ils ont aperçu, dans les nuages avancés sur la ville, des éclairs que, de leur vie, ils n'avaient jamais observés. Ces éclairs avaient une forme *très régulièrement ondulée, sans aucune ramification*.

M. Beauchier évalue à $3^{km}$ la distance séparant à vol d'oiseau le point d'observation de la verticale menée par le *point du nuage* d'où sortaient les éclairs *ondulés*. Il a pu effectuer cette évaluation grâce à des souvenirs de promenades antérieures et en faisant des mesures sur une carte de la ville d'Hanoï. Il avait également remarqué que la longueur apparente du parcours des éclairs *ondulés horizontaux* était sensiblement égale à celle qui séparait les nuages du sol, évaluée à $1500^m$ environ.

Il y avait, dans l'orage, deux types d'éclairs entièrement différents :

*a*. Des éclairs *ondulés* visibles sur le front de l'orage, les uns *horizontaux*, de beaucoup les plus nombreux. On en vit aussi cinq ou six, également *ondulés*, se diriger *de bas en haut*, en direction perpendiculaire aux premiers. Enfin trois ou quatre autres, également *ondulés*, paraissaient se fermer presque sur eux-mêmes.

*b*. Des éclairs *fulgurants* ordinaires dont on n'apercevait que la lueur, plus éloignés dans le reste de l'orage, le rideau d'arbres masquant les décharges.

2. Il y avait, entre ces deux catégories d'éclairs, une opposition saisissante de particularités qu'on va s'efforcer de mettre en évidence.

*Couleur*. — Les éclairs *ondulés* étaient d'un *blanc jaunâtre, légèrement rougeâtre parfois*, apparaissant un à un; ils n'éclairaient pas le nuage d'où ils partaient et pas du tout le ciel.

Les éclairs *fulgurants* habituels étaient d'un *blanc éblouissant* éclairant vivement le ciel et les nuages, permettant de voir l'étendue de l'orage et sa position.

*Bruit*. — Les éclairs *ondulés* étaient pratiquement silencieux. Aucun bruit de tonnerre ne les accompagnait.

Au contraire, les éclairs *fulgurants* étaient accompagnés du bruit habituel, qui parvenait aux oreilles des observateurs 15 à 20 secondes après la lueur; le gros de l'orage devait donc être situé entre 5 et $7^{km}$ du point d'observation.

*Fréquence*. — Au début de l'observation, les éclairs *ondulés* étaient assez fréquents; entre deux éclairs consécutifs il s'écoulait à peine 10 à 20 secondes. M. Beauchier a pu en compter plus d'une vingtaine en moins de 10 minutes. *Ils sont ensuite devenus de plus en plus espacés*. A $21^h05^m$, ils avaient presque complètement cessé.

Au contraire, la fréquence des éclairs *fulgurants* était approximativement égale à 1 par seconde; *elle est restée sensiblement la même pendant toute la durée de l'observation* ($20^h50^m$ à $21^h05^m$). Il y en avait encore à $22^h10^m$, mais ils étaient alors beaucoup moins fréquents et le grondement beaucoup plus faible. L'orage s'était éloigné.

*Durée des éclairs ondulés horizontaux.* — La durée de ces éclairs, dont la direction était ESE-WNW, a été, de la part de M. et Mme Beauchier, l'objet de remarques conduisant aux conclusions suivantes :

Soit un tel éclair sur sa trajectoire ondulée *supposée commune à tous les autres*, comme aussi le *point de départ* D (*Est*) et le *point d'arrivée* A (*Ouest*). Sa durée comprend nécessairement : une *période d'établissement* $\theta$ commençant en D, finissant en A; une *période de stabilité* $t$ entre D et A; une *période de disparition* $\theta'$ commençant en D, finissant en A.

Le temps $\theta$ était plus long au début qu'à la fin; dans les cinq premières minutes, on avait : $0^{sec},4 < \theta < 0^{sec},6$; en moyenne $\theta_{\text{début}} = 0^{sec},5$.

Vers la fin, on n'avait plus guère que $\theta = 0^{sec},3$. Cela tient à ce que *les ions semés le long de la trajectoire commune la rendaient de plus en plus conductrice*.

La *période de disparition* $\theta'$ comporte les mêmes remarques que $\theta$ et les mêmes valeurs numériques.

La *période de stabilité* $t$ a paru varier entre 2,5 et 3 secondes. A plusieurs reprises, pendant les cinq premières minutes où l'observation fut extrêmement attentive, les éclairs *ondulés horizontaux*, lors de leur disparition en A, *ont laissé sur la trajectoire ondulée une poussière lumineuse.* Cette clarté fugitive brillait au maximum en A et s'atténuait jusqu'à disparaître complètement quelque part dans la direction de D. Cette poussière lumineuse montrait l'extinction progressive des particules de la *matière fulminante* de l'éclair *ondulé;* cette *survivance* durait de 0,5 à 0,7 seconde, soit $\tau = 0,6$ seconde en moyenne.

La durée $t + \theta + \tau$, constante en tous les points d'un même éclair *ondulé horizontal*, mesure la *vie* de la matière fulminante, légèrement plus longue au début qu'à la fin de l'observation.

La durée $t + 2\theta + \tau$, pour un certain éclair *ondulé horizontal*, donne la différence entre son apparition en D et sa disparition totale en A; elle mesure donc la durée de l'éclair sur sa trajectoire, laquelle est extrêmement voisine de 4 secondes.

3. *Remarques.* — Les éclairs *ondulés* qui « paraissent se fermer presque sur eux-mêmes » s'interprètent comme des éclairs *ondulés* partant toujours

sensiblement du même point D de l'espace, *mais se dirigeant vers le Nord en décrivant une spire d'hélice presque complète* (tracée sur un cylindre circulaire droit d'axe *nord-sud*), *le mouvement de l'éclair, à cheval sur son hélice, se faisant en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre.*

Pour les éclairs *ondulés en hélice* comme pour les éclairs *ondulés verticaux*, l'altitude du point A d'arrivée est plus grande que celle du point de départ D, ce qui vérifie qu'en s'éloignant vers le *Nord* (côté des montagnes) l'altitude avait notablement augmenté.

Les détails de cette étude, avec les développements et les dessins qu'elle comporte, paraîtront dans une autre publication.

## NOMINATIONS.

MM. **A. Lacroix** et **É. Picard** sont désignés pour faire partie du Comité d'honneur sous le patronage duquel un monument sera élevé à *Émile Roux* à Confolens, sa ville natale.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Une Carte au 1/500000e *du Moyen-Ogooué à l'Océan*, dressée par A. Meunier. (Présentée par M. G. Perrier.)

ALGÈBRE. — *Sur le module maximum des zéros d'un polynome.* Note (¹) de M. **J. Dieudonné**.

1. Considérons un polynome

$$P(x) = 1 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_p x^p + a_{p+1} x^{p+1} + \ldots + a_n x^n, \tag{1}$$

dans lequel on fixe le degré $n$ et les $p$ coefficients $a_1, a_2, \ldots, a_p$ ($a_p \neq 0$),

(¹) Séance du 29 janvier 1934.

les $n-p$ autres coefficients étant arbitraires. On sait alors [1] que l'équation $P(x)=0$ a toujours $p$ racines de modules inférieurs à une limite, fonction de $a_1, a_2, \ldots, a_p, n$, et qui croît indéfiniment comme $n$ lorsqu'on laisse fixes $a_1, a_2, \ldots, a_p$ et qu'on fait croître $n$ indéfiniment. J'ai montré d'autre part dans ma Thèse [2] qu'il existe toujours un zéro de module inférieur à une limite analogue, qui, en général, croît avec $n$ comme $n^{\frac{1}{p}}$ (l'exposant de $n$ pouvant être supérieur à $1/p$ lorsque $a_1, a_2, \ldots, a_p$ vérifient certaines relations).

2. Je me propose d'indiquer une méthode qui permet de retrouver ces deux résultats, et *donne, de plus, des limites analogues pour les modules de* 2, 3, ..., $(p-1)$ racines de $P(x)=0$.

On peut écrire au voisinage de $x=0$ :

$$(2)\quad \frac{P'(x)}{P(x)}=\frac{a_1+2a_2x+\ldots+na_nx^{n-1}}{1+a_1x+\ldots+a_nx^n}=A_0+A_1x+\ldots+A_{p-1}x^{p-1}+\ldots,$$

$A_0, A_1, \ldots, A_{p-1}$ *ne dépendant que de* $a_1, a_2, \ldots, a_p$. Supposons que $P(x)$ ait $n-q+1$ zéros ($q\leqq p$) de modules supérieurs ou égaux à $r$; soient $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{q-1}$ les $q-1$ zéros restants. Posons

$$\sigma_k=\alpha_1^{-k}+\alpha_2^{-k}+\ldots+\alpha_{q-1}^{-k}\qquad (k=1, 2, \ldots)$$

et

$$(3)\quad P(x)=(x-\alpha_1)\ldots(x-\alpha_{q-1})\,Q(x).$$

Si l'on pose

$$(4)\quad \frac{Q'(x)}{Q(x)}=\frac{B_0}{r}+\frac{B_1}{r^2}x+\ldots+\frac{B_m}{r^{m+1}}x^m+\ldots,$$

il est clair, d'après les hypothèses faites sur les zéros de $Q(x)$, que l'on a

$$(5)\quad |B_m|\leqq n-q+1\qquad (m=0, 1, 2, \ldots).$$

De (2), (3) et (4), on tire

$$(6)\quad \sigma_k=\frac{B_{k-1}}{r^k}-A_{k-1}\qquad (k=1, 2, \ldots, p).$$

Or, on a

$$(7)\quad \sigma_q=f_1(\sigma_1, \ldots, \sigma_{q-1}),\quad \sigma_{q+1}=f_2(\sigma_1, \ldots, \sigma_{q-1}),\quad \ldots,\quad \sigma_p=f_{p-q+1}(\sigma_1, \ldots, \sigma_{q-1})$$

(1) Voir par exemple E. Van Vleck, *Bull. Soc. math. Fr.*, 53, 1925, p. 115.
(2) *Ann. Éc. Norm. sup.*, 48, 1931, p. 273-279.

$f_1, f_2, \ldots, f_{p-q+1}$ étant des polynomes en $\sigma_1, \ldots, \sigma_{q-1}$ à coefficients numériques ne dépendant que de $p$ et $q$. Si entre ces $p-q+1$ équations, on élimine $\sigma_1, \sigma_2, \ldots, \sigma_{p-q}$, on obtient une relation algébrique

$$F(\sigma_p, \sigma_{p-1}, \ldots, \sigma_{p-q+1}) = 0 \tag{8}$$

qui est évidement *isobare*; si $k$ est son poids, un raisonnement de récurrence sur $q$ montre sans difficulté que $k$ est divisible par $p-q+1$, et que F contient un terme en $\sigma_{p-q+1}^{\frac{k}{p-q+1}}$. Cela étant, si, dans (8), on porte les valeurs des $\sigma$ tirées de (6) et qu'on chasse les dénominateurs, on obtient une équation algébrique de degré $k$ en $r$, le coefficient de $r^k$ étant

$$F(-A_{p-1}, -A_{p-2}, \ldots, -A_{p-q}).$$

Supposons que cette quantité ne soit pas nulle; comme, d'après (5), le coefficient de $r^h (h<k)$ dans l'équation est au plus d'ordre $n^{\frac{k-h}{p-q+1}}$, on voit que *$r$ est au plus d'ordre* $n^{\frac{1}{p-q+1}}$.

Si $F(-A_{p-1}, -A_{p-2}, \ldots, -A_{p-q}) = 0$, il faut considérer, au lieu de (8), les équations obtenues en éliminant $\sigma_1, \ldots \sigma_{p-q-1}$ entre les équations (7), et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on arrive à une équation où le coefficient de la plus haute puissance de $r$ soit indépendant des $B_i$. Si $\sigma_l$ est le $\sigma$ d'indice minimum dans la première équation de ce type qu'on rencontre, on en déduit que *$r$ est au plus d'ordre* $n^{\frac{1}{l}}$.

3. Les considérations précédentes, appliquées au cas $q=1$, redonnent les résultats de ma Thèse; appliquées au cas $q=p$, elles donnent le théorème de M. Van Vleck, car on a alors

$$F(-A_{p-1}, -A_{p-2}, \ldots, -A_0) = (-1)^p p\, a_p \neq 0.$$

De plus, on voit sans peine que tous les ordres de croissance obtenus sont *les meilleurs possibles* : il suffit de prendre pour $n-q+1$ un multiple de $p$, et pour $Q(x)$ un polynome de la forme $[R(x)]^{\frac{n-q+1}{p}}$, $R(x)$ étant un polynome de degré $p$ convenablement choisi.

4. La méthode précédente s'étend aussi au cas, considéré par M. Van Vleck, où l'on se donne $a_1, a_2, \ldots a_{p-1}, a_{p+m} (\neq 0)$ et $n (m > 1$ et quelconque); les résultats obtenus sont analogues.

Elle permet aussi de tenir compte de la présence d'une *lacune* de $k$ termes suivant le terme $a_p x^p$ dans $P(x)$ : *la borne supérieure du module de $q$ racines est alors, en général, au plus d'ordre* $n^{\frac{1}{p+k-q+1}}$.

ALGÈBRE. — *Sur le problème des deux classes d'un groupe fini.* Note de M. **Serge Tchounikhin**, présentée par M. Hadamard.

La nature arithmétique des ordres des classes d'éléments conjugués d'un groupe fini simple est peu étudiée. Le résultat classique dans ce domaine est le théorème bien connu de M. Burnside [1]. En 1930, j'ai démontré le théorème suivant sur trois classes du groupe fini : Si les ordres de trois classes sont premiers entre eux, le groupe ne peut pas être simple [2]. Le présent article est la suite de la recherche citée. Ces deux travaux sont complètement indépendants de la théorie des caractères.

Je dis que deux classes du groupe sont *isolées l'une de l'autre*, si leurs ordres sont premiers entre eux et si le groupe ne contient pas de classe dont l'ordre ait des diviseurs communs avec l'ordre de chacune des deux classes données. Supposons que les classes $\alpha$ (d'ordre $h$) et $\beta$ (d'ordre $h_1$) du groupe $\mathfrak{G}$ sont isolées. Soient A un élément de la classe $\alpha$ et B un élément de la classe $\beta$. Supposons que A a pour normalisateur dans $\mathfrak{G}$ le sous-groupe $\mathfrak{V}$ d'ordre $\mathfrak{w}$, soit de même $\mathfrak{V}_1$ d'ordre $\mathfrak{w}_1$ le normalisateur de l'élément B. Alors, d'après le lemme II, $\mathfrak{G} = \mathfrak{V}\mathfrak{V}_1$. Nous avons évidemment $g = \mathfrak{w}\mathfrak{w}_1/d$, où $d$ est l'ordre du plus grand sous-groupe commun des groupes $\mathfrak{V}$ et $\mathfrak{V}_1$, et $g$ l'ordre du groupe $\mathfrak{G}$. Si $d > 1$, on démontre sans peine, d'après le lemme I, que le groupe $\mathfrak{G}$ n'est pas simple. Dans le cas où $d = 1$ et où $\mathfrak{G}$ est simple, je démontre que les ordres des classes du groupe $\mathfrak{G}$ différents de l'unité ne peuvent être que $h$ ou $h_1$. Je prouve encore que $\mathfrak{V}$ contient au moins un élément de chaque classe d'ordre $h$ du groupe $\mathfrak{G}$ (et que $\mathfrak{V}_1$ contient au moins un élément de chaque classe d'ordre $h_1$).

Désignons par $\mathfrak{v}^*$ (ou $\mathfrak{v}_1^*$) le nombre d'éléments de $\mathfrak{V}$ (ou de $\mathfrak{V}_1$), qui appartiennent aux deux classes différentes du groupe $\mathfrak{G}$.

D'après ces conditions nous avons

$$(1) \qquad \mathfrak{v}^* h + \mathfrak{v}_1^* h_1 + 1 = hh_1 \qquad \text{ou} \qquad \frac{\mathfrak{v}^*}{h_1} + \frac{\mathfrak{v}_1^*}{h} + \frac{1}{hh_1} = 1.$$

---

[1] Le groupe simple ne contient pas de classe d'ordre $p^m$ (*Theory of groups of finite order*, Cambridge, 1911, p. 322).

[2] *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 397. Dans ce qui suit, je cite les lemmes I et II de cette Note.

En supposant que l'ordre de $\mathfrak{G}$ est impair, j'établis les inégalités suivantes :

$$(2)\qquad \begin{cases} \mathfrak{v}^* \leqq \dfrac{\mathfrak{v}}{3} + \dfrac{2c_1}{3} - 1, \\ \mathfrak{v}_1^* \leqq \dfrac{\mathfrak{v}}{5} + \dfrac{4c'_1}{5} - 1, \end{cases}$$

où $c_1$ et $c'_1$ sont les ordres des sous-groupes centraux de $\mathfrak{V}$ et $\mathfrak{V}_1$ respectivement.

En utilisant les inégalités (2), il viendra, en vertu de (1),

$$(3)\qquad \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{2}{3\dfrac{h_1}{c_1}} + \frac{4}{5\dfrac{h}{c'_1}} + \frac{1}{hh_1} - \frac{1}{h_1} - \frac{1}{h} \geqq 1.$$

$\mathfrak{V}$ et $\mathfrak{V}_1$ ne sont pas des groupes abéliens, quand $\mathfrak{G}$ est simple et, par conséquent, $c_1 < h_1$, $c'_1 < h_1$. Nous avons d'ailleurs $h_1/c_1 \leqq 3$, $h/c'_1 \leqq 5$ et $1/hh_1 < 1/15$. La valeur maximum du premier membre de (3) ne surpasse pas, d'après ces conditions,

$$\frac{221}{225} - \frac{1}{h_1} - \frac{1}{h},$$

alors (3) est impossible et nous obtenons le théorème suivant :

Théorème. — *Si deux classes d'un groupe d'ordre impair sont mutuellement isolées, le groupe ne peut pas être simple.*

Le but suivant de ces recherches serait la démonstration (sans application de la théorie des caractères) du théorème sur deux classes avec ordres premiers entre eux (1), qui sera une généralisation essentielle du théorème célèbre de M. Burnside.

GÉOMÉTRIE. — *Tétraèdres inscrits dans une cubique gauche et circonscrits à une développable de classe 3 ou à une quadrique.* Note de M. **Bertrand Gambier.**

1. Étant données une cubique gauche Γ et une quadrique Q *arbitraires*, il existe un tétraèdre et un *seul* inscrit dans Γ, circonscrit à Q. On peut, par homographie de l'espace, réduire Γ à la cubique $(t, t^2, t^3, 1)$. Il suffit

(1) Ce problème est proposé par M. Dietzmann.

d'exprimer que le cône S qui a pour directrice Γ et pour sommet le point $A(t)$ de Γ admet avec le cône $S_1$ de même sommet, circonscrit à Q, *un* (et par suite $\infty^1$) trièdre inscrit dans S, circonscrit à $S_1$. L'équation obtenue est de *degré* 4 (et non de degré 10, comme l'ont indiqué certains auteurs); A, B, C, D étant les quatre points ainsi trouvés, *le tétraèdre* ABCD *est le tétraèdre cherché*. En effet, par AB menons les deux plans tangents à Q, donc tangents à $S_1^A$ et $S_1^B$; ils recoupent Γ en C′ et D′; en vertu de la définition de A, le plan AC′D′ est tangent à $S_1^A$, donc à Q; de même pour B et le plan BC′D′ : cela justifie l'assertion et prouve que C′ et D′ coïncident avec C et D. L'ensemble Γ, Q, ABCD dépend de 21 paramètres : on peut le voir en partant de Γ et Q ($12+9=21$) ou partant de ABCD, puis de Γ et Q ($12+4+5=21$).

2. Partons au contraire d'une cubique Γ, de deux tétraèdres ABCD, A′B′C′D′, choisis arbitrairement, inscrits dans Γ; il est *possible* de trouver des quadriques Q tangentes aux huit faces de ces tétraèdres; *l'équation obtenue par la méthode précédente pour un tel couple* Γ, Q *se réduit donc à une identité;* répétant notre raisonnement pour deux points *arbitraires* $M_1$, $M_2$ de Γ et les plans tangents à Q issus de $M_1M_2$, nous voyons que *s'il existe deux tétraèdres inscrits dans une cubique* Γ, *circonscrits à une quadrique* Q, *il en existe* $\infty^2$. Comptons le nombre de paramètres nécessaires pour obtenir un tel couple Γ, Q; partons de Γ (12), puis successivement des deux tétraèdres ABCD, A′B′C′D′ ($4+4$); toute quadrique tangente aux quatre faces de ABCD, puis aux trois faces A′C′D′, A′D′B′, A′B′C′ donne une équation de degré 4 ayant cinq racines (A, B, C, D, A′), donc *identique;* une telle quadrique Q est tangente aussi à B′C′D′; Q *dépend donc de deux paramètres;* on a trouvé un total de 22 paramètres irréductibles indépendants pour déterminer Γ, Q et *les deux tétraèdres :* ce total 22 est égal au nombre inconnu $x$ relatif à Γ, Q *seules*, plus le nombre de paramètres, 2, nécessaire pour individualiser ABCD dans la multiplicité $\infty^2$ relative à Γ, Q, plus le même nombre 2 relatif à A′B′C′D′; finalement Γ, Q dépendent de 18 paramètres au total; *il suffit donc de trois relations convenables entre les coefficients de* Γ *et* Q *pour annuler les cinq coefficients de l'équation signalée plus haut.*

Pour les cônes S, $S_1$, si $S_1$ dégénère en deux droites, la condition de Poncelet signifie que l'une de ces deux droites appartient à S. Ici, plaçons-nous en l'un des points M communs à Γ et Q : l'une des génératrices de Q issues de M appartient à S : autrement dit, *les six points d'intersection de* Γ *et* Q *appartiennent, par couples de* 2, *à trois génératrices* (*de même système*)

*de* Q; notre décompte suffit à prouver que cette relation *nécessaire* est *suffisante;* je dois cette interprétation à M. Rowe; ce dernier a donné aussi une démonstration géométrique directe et élégante d'une proposition que Fontené avait déjà donnée, par le calcul, sans en tirer toutes les conséquences : *si deux quadriques* Q, Q′ *se coupent suivant* 4 *droites, il existe* $\infty^5$ *tétraèdres inscrits dans l'une et circonscrits à l'autre, au lieu de* $\infty^4$ *seulement* (*Nouvelles Annales*, 3ᵉ série, 18, 1899, p. 67). Appliquons cette remarque au couple Γ, Q et aux trois génératrices G′, G″, G‴; soient Q′, Q″, Q‴ les quadriques contenant Γ puis les couples (G″, G‴), (G‴, G′), (G′, G″) ; un plan tangent quelconque de Q coupe Γ en trois points A, B, C qui appartiennent simultanément à Q′, Q″, Q‴; les nouveaux plans tangents à Q menés par BC, CA, AB se recoupent en un point D situé d'après la proposition citée, nécessairement sur Q′, Q″, Q‴, donc encore sur Γ.

3. Duporcq avait déjà traité la question des tétraèdres inscrits dans une cubique Γ, circonscrits à une quadrique Q (*Nouvelles Annales*, 4ᵉ série, 2, 1902, p. 166); mais il n'avait pas remarqué qu'il suffit de *deux* tétraèdres pour être conduit aux $\infty^2$ tétraèdres; il donne l'énoncé (exact) : *trois tétraèdres inscrits à une même cubique gauche* Γ *sont circonscrits à une même quadrique* Q, *et il existe alors* $\infty^2$ *tétraèdres de cette espèce.*

Le plus bel hommage à rendre à un géomètre aussi ingénieux que Duporcq consiste à reprendre son raisonnement terme pour terme : l'équation $\lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 = 0$ représente une série $\infty^1$ de tétraèdres inscrits dans Γ et dont les faces enveloppent une développable de classe 3, car par tout point de C, il passe trois de ces faces, d'où résulte la proposition.

Si nous considérons deux de ces tétraèdres, les 4 faces du premier et une face du second déterminent $\infty^2$ développables de degré 3; si A, B, C sont les points où cette face du second coupe Γ, un plan *arbitraire* mené par BC, CA, ou AB permet d'extraire de la série $\infty^2$ de développables en jeu, 3 séries $\infty^1$ de développables Δ ayant avec Γ, chacune, $\infty^1$ tétraèdres de l'espèce en jeu; les développables $\overline{\Delta}$, obtenues en déduisant de la série $\infty^2$ les 3 séries $\infty^1$ en question, n'ont chacune avec Γ qu'*un* tétraèdre de l'espèce en jeu (un couple Γ, $\overline{\Delta}$ dépend de $12 + 4 + 2 + 2 = 20$ paramètres).

*A priori*, une cubique Γ, une développable Δ de degré 3 font intervenir un total de 24 paramètres; un tétraèdre inconnu ABCD astreint à être inscrit dans Γ, circonscrit à Δ fait intervenir 4 inconnues, liées par 8 équations, en général, incompatibles; moyennant *quatre conditions*, on obtient *un* tétraèdre (Γ, Δ dépendant de 20 paramètres). Moyennant *six conditions*,

on obtient $\infty^1$ tétraèdres : $\Gamma$, $T_1$ et $T_2$ font intervenir $12+4+4=20$ paramètres, nombre égal au nombre strictement nécessaire à $\Gamma$ et $\Delta$, augmenté du paramètre nécessaire pour individualiser $T_1$ dans la série $\infty^1$, et de même du paramètre propre à $T_2$. Or, en analysant les 6 valeurs du paramètre $\lambda_1 : \lambda_2$ pour lesquelles l'équation $\lambda_1 f_1(t) + \lambda_2 f_2(t) = 0$ a une racine double, les 6 conditions en jeu reçoivent l'interprétation suivante : *pour l'existence de $\infty^1$ tétraèdres, il est nécessaire et suffisant que les* 12 *points d'intersection de* $\Gamma$ *avec la surface* $\Delta$ *soient répartis, par couples de* 2, *sur* 6 *génératrices de* $\Delta$; par dualité ceci équivaut à : *les* 12 *plans simultanément tangents à* $\Gamma$ *et* $\Delta$ *sont répartis en* 6 *couples de* 2 *plans se croisant suivant une tangente de* $\Gamma$.

4. Je signale que la remarque de M. Rowe démontre que, *si* 2 *quadriques* $Q'$, $Q''$ *coupent chacune une quadrique* $Q$ *suivant* 4 *droites, il existe* $\infty^1$ *tétraèdres circonscrits à* $Q$, *inscrits dans la biquadratique* $(Q', Q'')$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application de la théorie des fonctions moyenne-périodiques à la résolution de certaines équations intégrales.* Note de M. **J. Delsarte**, présentée par M. Villat.

Nous reprenons ici les notations employées dans une précédente Note [1]. Les fonctions moyenne-périodiques se présentent naturellement lorsqu'on étudie les équations intégrales linéaires de la forme

$$\delta_M[f] \equiv \int_{D_m} K(M, P) f(P)\, d\omega_P = \varphi(M).$$

Il est clair en effet qu'une solution d'une telle équation est déterminée à une fonction moyenne-périodique près (fonction moyenne-périodique relativement au noyau K et au domaine $D_0$). Ces équations se présentent dans certaines questions de Mécanique et de Physique concernant les équations aux dérivées partielles de type hyperbolique; on peut même dire plus généralement que toute mesure physique propose l'intégration d'une équation de ce type.

La théorie qui va suivre rappelant celle des équations aux différences finies, nous proposons d'attacher à ces équations le nom de Fredholm-

[1] *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 330.

Nörlund. Nous nous bornerons au cas d'une variable, l'extension au cas général présentant d'assez grosses difficultés.

Nous nous proposons donc de résoudre

$$(1)\qquad \delta_x[f(\xi)] \equiv \int_0^a K(\xi) f(x+\xi)\, d\xi = \varphi(x);$$

1° Supposons que la fonction entière $\delta_0[e^{\lambda\xi}] = A(\lambda)$ ne s'annule pas pour $\lambda = 0$. Nous définirons alors des polynomes bernoulliens $B_n(x)$ de degré marqué par leur indice, vérifiant les conditions

$$\frac{dB_n}{dx} = B_{n-1}, \qquad \delta_0[B_0] = 1, \qquad \delta_0[B_n] = 0 \qquad (n > 0),$$

et des nombres bernoulliens $B_n$, tels que l'on ait

$$B_n(x) = \sum_{p=0}^{n} B_p \frac{x^{n-p}}{(n-p)!}.$$

*La fonction caractérisque des polynomes bernoulliens est*

$$\Phi(x \mid \lambda) = \frac{e^{\lambda x}}{A(\lambda)} = \sum_{n=0}^{\infty} B_n(x) \lambda^n,$$

*et ces polynomes ont la propriété essentielle*

$$\delta_x[B_n(\xi)] = \frac{x^n}{n!}.$$

2° On démontre ensuite la formule sommatoire générale suivante, qui généralise largement la formule sommatoire d'Euler-Mac Laurin, et qui est valable pour toute fonction possédant des dérivées jusqu'à l'ordre $n+1$,

$$f(x+X) = \sum_{p=0}^{n} B_p(x)\, \delta_X\left[\frac{d^p f}{d\xi^p}\right] - \delta_X\left[\int_0^{\xi-x-X} B_n(x+\eta) f^{(n+1)}(\xi-\eta)\, d\eta\right].$$

3° Désignons toujours par $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \ldots, \lambda_n$ les zéros de la fonction $A(\lambda)$. Les polynomes bernoulliens admettent, dans l'intervalle $(0, a)$, le développement uniformément convergent en exponentielles moyenne-périodiques :

$$B_n(x) = -\sum_{p=1}^{\infty} \frac{e^{\lambda_p x}}{(\lambda_p)^{n+1} A'(\lambda_p)}$$

($n$ est supposé $> 0$). Nous appellerons fonction bernoullienne d'ordre $n$

une fonction moyenne-périodique égale à $B_n(x)$ dans l'intervalle (o, $a$), limites exclues. La série précédente, quand elle converge pour toute valeur finie de $x$, définit ces fonctions $\overline{B}_n(x)$. Il en sera ainsi, en particulier, dans les deux cas suivants :

$a$. *quand les racines $\lambda_p$ sont toutes purement imaginaires, sauf un nombre fini d'entre-elles;*

$b$. *quand le noyau* $K(\xi)$, *naturelleuent supposé différent de zéro aux extrémités de l'intervalle* (o, $a$), *est dérivable.*

4° Supposons maintenant que les fonctions bernoulliennes d'indices positifs existent. On montre alors qu'une solution particulière de l'équation de Fredholm-Nörlund

$$\delta_x[f(\xi)] = \varphi(x)$$

est donnée par la formule

$$f(x) = \sum_{p=0}^{n} B_p \frac{d^p\varphi}{dx^p} - \int_0^{+\infty} \overline{B}_n(\xi)\, \varphi^{(n+1)}(x-\xi)\, d\xi,$$

qui aura un sens pourvu que :

$a$. la fonction $\varphi$ ait des dérivées jusqu'à l'ordre $n+1$;

$b$. l'intégrale

$$\int_0^{+\infty} \overline{B}_n(\xi)\, \varphi^{(n+1)}(x-\xi)\, d\xi$$

converge uniformément dans tout intervalle fini de valeurs de $x$.

Cette solution, quand elle existera, sera appelée solution principale de l'équation. La solution générale s'en déduira par addition d'une fonction moyenne périodique relativement au noyau K et à l'intervalle (o, $a$).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Inégalités concernant les mouvements de révolution d'un fluide visqueux.* Note de M. **J. Avanessoff**, présentée par M. Henri Villat.

1. Pour établir diverses propriétés concernant le mouvement plan d'un liquide visqueux, M. J. Pérès [1] a tiré parti de la considération d'intégrales du type

$$J = \iint \varphi(\zeta)\, d\sigma, \tag{1}$$

[1] *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 898.

$\zeta$ étant le tourbillon et $\varphi$ une fonction largement arbitraire de $\zeta$. En suivant ses indications j'étends les résultats en question au cas d'un mouvement de révolution.

$Oz$ étant l'axe de révolution il suffira de se placer dans un demi-plan passant par $Oz$ et où l'on prend pour variables : $r$ distance à l'axe, et $z$ ; $s$ et $w$ étant les composantes correspondantes de la vitesse, le tourbillon se réduit à sa composante normale au plan

$$\zeta = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial s}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial r}\right). \tag{2}$$

Dans le cas du fluide *non visqueux* incompressible on sait que $r\,d\sigma$ et $\zeta/r$ sont invariants quand on suit le mouvement d'une particule. Il est donc naturel de remplacer l'intégrale (1) par

$$I = \iint \varphi\left(\frac{\zeta}{r}\right) r\,d\sigma. \tag{3}$$

étendue à tout ou partie du demi-plan $r > 0$.

2. Supposons d'abord que le liquide remplisse tout l'espace et que son mouvement n'y présente pas de singularité dans l'intervalle de temps considéré. En particulier $s$, W, $(\zeta/r)'_r$, $(\zeta/r)'_z$, $\Delta(\zeta/r)$ sont bornés et continus dans toute région du demi-plan $r \geqq 0$, $\zeta/r$ étant d'ailleurs nul aux points de l'axe $Oz$. Cette dernière condition est conséquence immédiate de la continuité, aux points de $Oz$, des dérivées du tourbillon par rapport aux variables cartésiennes $x, y, z$. Introduisons une hypothèse (analogue à celle dans le cas plan) : $\zeta/r$ tend uniformément vers zéro quand on s'éloigne à l'infini et est donc borné en module, quel que soit $t$, par une fonction $E(1/R)$ (R, distance à l'origine) nulle avec $1/R$.

L'intégrale (3), étendue au demi-plan, a alors un sens si $\varphi$ tend vers zéro assez vite avec $\zeta/r$; la dérivée $dI/dt$ se calcule aisément en remarquant que la relation

$$\frac{d\zeta}{dt} = \frac{\mu}{\rho}\Delta\zeta$$

est remplacée ici par

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\zeta}{r}\right) \equiv \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\zeta}{r}\right) + s\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\zeta}{r}\right) + w\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\zeta}{r}\right) = \frac{\mu}{\rho}\Delta\left(\frac{\zeta}{2}\right) + 3\frac{\mu}{\rho}\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\zeta}{r}\right), \tag{5}$$

et des transformations analogues à celles de la Note de M. J. Pérès (obtenues en étendant d'abord les intégrales à un demi-cercle limité par $Oz$ et

de rayon R) conduisent à

$$(7)\qquad \frac{\rho}{\mu}\frac{d\mathrm{I}}{dt} = -\iint r\varphi''\left\{\overline{\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\zeta}{r}\right)}^2 + \overline{\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\zeta}{r}\right)}^2\right\}d\sigma.$$

On peut alors reprendre le raisonnement du n° 3 de la Note citée, la conclusion s'appliquant à $|\zeta/r|$ au lieu de $|\zeta|$, comme dans le cas plan : le maximum de $|\zeta/r|$ ne peut croître.

3. Pour une portion finie du fluide, on a

$$(8)\qquad \frac{\rho}{\mu}\frac{d\mathrm{I}}{dt} = \iint \varphi'\left(\frac{\zeta}{r}\right)\Delta\left(\frac{\zeta}{r}\right) r\,d\sigma + 3\iint \varphi'\left(\frac{\zeta}{r}\right)\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\zeta}{r}\right)d\sigma$$
$$= \int_{\mathrm{C}} r\varphi'\frac{d}{dn}\left(\frac{\zeta}{r}\right)ds + 2\int_{\mathrm{C}}\varphi\left(\frac{\zeta}{r}\right)dz - \iint r\varphi''\left(\frac{\zeta}{r}\right)\left\{\overline{\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\zeta}{r}\right)}^2 + \overline{\frac{\partial}{\partial s}\left(\frac{\zeta}{r}\right)}^2\right\}d\sigma,$$

négative si les intégrales de contour disparaissent et si $\varphi'' > 0$. Un choix convenable de la fonction $\varphi$ donne alors, pour $|\zeta/r|$, le résultat du n° 5 de la Note citée.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le problème d'unicité locale concernant l'écoulement des liquides pesants.* Note de M. **Caïus Jacob**, présentée par M. H. Villat.

1. Considérons le mouvement permanent, irrotationnel, d'un liquide parfait, pesant, dans un plan vertical, $(z = x + iy)$, la masse fluide étant limitée par deux lignes de courant $(C_0)$, (C), ayant des asymptotes horizontales aux deux infinis, en amont et en aval. La frontière inférieure $(C_0)$ est constituée par une paroi solide donnée $(S_0)$, la frontière supérieure (C) par une paroi solide également donnée (S), s'étendant à l'infini en amont, et par une ligne de jet inconnue (L), le long de laquelle le liquide est en contact avec l'atmosphère. On suppose que les parois solides ne présentent pas d'angles vifs vers le courant. Les axes de coordonnées sont de sens direct, l'axe $Oy$ étant dirigé suivant la verticale ascendante.

Le problème d'Analyse correspondant consiste à trouver la représentation conforme du domaine $(z)$ considéré, sur la bande $\psi = 0$, $\psi = \psi_0$, du plan $f = \varphi + i\psi$, avec correspondance des points à l'infini, et telle que sur la ligne inconnue soit vérifiée la condition

$$(1)\qquad \frac{\mathrm{V}^2}{2} + gy = a,$$

en posant

$$\frac{df}{dz} = \mathrm{V}\, e^{-i\theta} = e^{-i\omega} \qquad (\omega = \theta + i\tau);$$

$a$ est une constante inconnue.

La condition (1) entraîne :

$$(2) \qquad \frac{d\tau}{d\varphi} + g e^{-3\tau} \sin\theta = 0 \qquad \text{sur (L)}.$$

S'il existe une solution du problème aux limites ci-dessus ([1]), la représentation conforme cherchée sera donnée par

$$(3) \qquad dz = e^{i\omega}\, df.$$

2. Nous nous proposons de donner, dans ce qui suit, quelques résultats concernant l'unicité locale des solutions du problème envisagé, et généralisant certains résultats donnés par MM. A. Weinstein ([2]), ([4]), K. Friedrichs ([3]) et J. Leray ([4]), dans le cas d'absence de la pesanteur ($g = 0$).

Supposons qu'il existe une solution donnée par (3) et considérons la solution infiniment voisine obtenue en variant infiniment peu les données du problème. Nous désignons par $\delta f$ la variation subie par le potentiel $f$, pour $z$ fixe.

*Lemme I.* — La fonction $\delta f = \alpha + i\beta$, holomorphe dans la bande ($f$), continue sur le contour, sauf en un nombre fini de points, satisfait à la condition aux limites, généralisant celle obtenue par M. Weinstein pour $g = 0$ :

$$(4) \qquad \frac{d\alpha}{d\varphi} = \left(\frac{d\theta}{d\varphi} + g e^{-3\tau} \cos\theta\right)\beta + e^{-2\tau}\,\delta a, \qquad \text{sur (L)}.$$

Si les parois solides ne varient pas, on a en outre

$$(5) \qquad \beta = 0, \qquad \text{sur } (\mathrm{S}_0),\ (\mathrm{S}).$$

*Lemme II.* — Les fonctions harmoniques conjuguées $u = \mathrm{R}(df/dz)$,

---

([1]) Voir, à ce sujet, H. Villat, *Annales de l'École Normale*, 51, 1915, p. 178; H. Poncin, *Thèse*, Paris, 1932, p. 89.

([2]) *Mathematische Zeitschrift*, 19, 1924, p. 265; 31, 1929, p. 423.

([3]) *Mathematische Annalen*, 109, 1933, p. 60.

([4]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 430.

$v = \mathrm{I}(df/dz)$ vérifient les conditions aux limites

$$(6)\qquad \frac{du}{d\varphi} = \left(\frac{d\theta}{d\varphi} + ge^{-3\tau}\cos\theta\right)v$$

$$(7)\qquad \frac{dv}{d\varphi} = -\left(\frac{d\theta}{d\varphi} + ge^{-3\tau}\cos\theta\right)u + ge^{-2\tau} \qquad \text{sur } (\Gamma).$$

Ce résultat, qui s'obtient très simplement, en tenant compte de (2), contient comme cas particulier (pour $g = 0$) une importante propriété signalée, par une autre voie, par M. Friedrichs, dans le Mémoire cité.

Théorème (*unicité locale au sens restreint*). — *S'il existe une solution du problème envisagé, telle que* $\mathrm{I}[df/dz]$ *soit* $\neq 0$ *à l'intérieur du domaine* $(f)$, *il n'existe pas de solution infiniment voisine, correspondant aux mêmes lignes* $(\mathrm{S}_0)$, $(\mathrm{S})$ *et à la même valeur du paramètre* $a$.

Pour la démonstration, nous considérons l'expression

$$\mathrm{D}(\beta) = \iint_{(f)} \left[\frac{d\,\delta f}{df}\right]^2 d\varphi\, d\psi + \int_{(\mathrm{C}_0+\mathrm{C})} \frac{d\beta}{dn_i}\,\beta\, ds = 0,$$

qu'on peut encore écrire, en posant avec M. Friedrichs, $\beta = v\eta$, et en tenant compte des lemmes précédents, et du comportement de $\beta$ à l'infini,

$$\mathrm{D}(\beta) = \iint_{(f)} v^2 \left[\left(\frac{d\eta}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{d\psi}\right)^2\right] d\varphi\, d\psi = 0,$$

Le premier membre étant positif, on en déduit $\delta f \equiv 0$.

Théorème (*unicité locale*). — S'il existe une solution du problème pour $a = a_0$, telle que $\mathrm{I}[df/dz] \neq 0$ dans $(f)$, si $d\theta/d\varphi + ge^{-3\tau}\cos\theta > 0$ sur (L) et si $\mathrm{V}^2_{+\infty} \neq gl_{+\infty}$ ($l_{+\infty}$ étant la largeur du courant à l'infini en aval), il n'existe pas de solution infiniment voisine, correspondant aux mêmes lignes $(\mathrm{S}_0)$, $(\mathrm{S})$ données.

Pour la démonstration, on peut se servir d'un procédé dû à M. Weinstein, permettant de ramener ce théorème au précédent.

Les résultats ci-dessus peuvent être étendus à des cas beaucoup plus généraux.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un nouveau mode d'allumage dans le moteur à combustion interne.* Note (¹) de M. **Tchang Te-Lou**, transmise par M. J.-L. Breton.

En étudiant les étincelles d'allumage d'un moteur à explosion nous sommes arrivé à cette conclusion (²) que, quand les électrodes sont dans un gaz calme, l'étincelle est souvent unique et suivie d'effluves de longue durée. Si les gaz sont en état de turbulence les effluves se transforment en décharges disruptives que nous avons appelées, dans une Note précédente, étincelles satellites. Le rôle de celles-ci ayant été étudié il nous reste à déterminer celui des effluves.

Nous avons donc essayé d'utilisé uniquement les effluves pour l'allumage. Dans ce but, nous avons modifié une bougie d'allumage de manière à avoir une distance de $4^{mm}$ entre les électrodes. De cette façon, quand la pression d'admission du moteur est suffisamment élevée, l'étincelle ne passe plus dans la bougie, elle est remplacée par un effluve.

La méthode de contrôle de la décharge est toujours basée sur l'emploi du tube à néon comme dans nos expériences précédentes. Nous avons constaté en effet que l'illumination du tube à néon n'est forte que pour des décharges disruptives dans la bougie. Avec les effluves, l'aspect de cette illumination est tout à fait différent.

Nos essais ont été effectués sur un moteur à explosion monocylindrique dont le taux de compression est 5,5. L'énergie électrique d'allumage est fournie par une magnéto tournant à la vitesse du moteur, 1250 tours par minute. Le régime des effluves est stable pour la pression de $790^{mm}$ Hg à l'admission. Le moteur, dans ces conditions, fonctionne parfaitement et régulièrement. Le maximum de pression à l'admission que nous pouvons obtenir est $878^{mm}$ Hg, et même à ce régime d'alimentation aucun raté d'allumage n'a été observé.

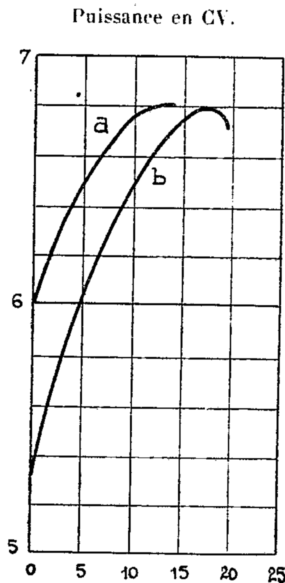
On sait que les effluves sont plus froids que l'étincelle. Cette expérience nous montre que l'ionisation des gaz ainsi que l'effluve ont un rôle important dans l'allumage et que la température élevée d'une décharge disruptive n'est pas nécessaire.

---

(¹) Séance du 29 janvier 1934.

(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1720.

Nous avons comparé ensuite ce mode d'allumage avec l'allumage par étincelle. A cette fin, toutes les conditions d'expériences ayant été maintenues constantes, nous avons tracé les courbes de puissance en fonction de l'avance à l'allumage, l'une avec l'allumage par étincelle, l'autre avec allumage par effluves.




Courbes de puissance en fonction de l'avance à l'allumage d'un moteur monocylindrique à la vitesse de 1250 t/m. *a*, allumage par étincelles; *b*, allumage par effluves.

Les diagrammes d'indicateur montrent que la régularité de combustion, d'un cycle à l'autre, est comparable dans les deux cas.

Mais avec ce nouveau mode d'allumage, la surface émettrice d'effluves de la bougie peut être considérablement augmentée pour intéresser une masse plus grande de la charge à allumer, ce qui n'est pas possible avec l'allumage par étincelle.

Nous nous sommes demandé quelle est l'influence du mode d'allumage sur l'apparition du phénomène de la détonation dans le moteur. Nous avons, pour cela, déterminé l'avance à l'allumage correspondant à l'apparition de la détonation pour différentes pressions d'admission avec les deux modes d'allumage. Voici les résultats d'un essai qui fait ressortir à partir de quelle avance apparaît la détonation :

| Pression d'admission. | Allumage par effluves. Puissance. | Avance à l'allumage à l'apparition de la détonation. | Allumage par étincelles. Puissance. | Avance à l'allumage à l'apparition de la détonation. |
|---|---|---|---|---|
| | cv | o | cv | o |
| 790mm Hg.......... | 6,88 | 18 | 6,75 | 16 |
| 818 » .......... | 7,05 | 16 | 7,05 | 13 |
| 878 » .......... | 7,62 | 13 | 7,62 | 10 |

Dans le cas de l'allumage par effluves, le moteur peut supporter plus d'avance à l'allumage, mais la puissance maxima atteinte dans les deux cas est sensiblement la même.

*En résumé*, nous avons montré que :

1° *les effluves ont une action efficace et nette dans le mécanisme de l'allumage;*

2° *l'action de la température élevée d'une décharge disruptive n'est pas toujours indispensable pour l'allumage.*

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la lumière des étoiles filantes*. Note de M. **Jean Mascart**, présentée par M. Ch. Fabry.

On a imaginé depuis assez longtemps que la lumière des étoiles filantes est due à l'échauffement produit par leur frottement dans l'atmosphère, à cause de leur très grande vitesse, et l'invention du briquet pneumatique mettait bien suffisamment en évidence l'élévation considérable de température qui accompagne toute compression subite d'un gaz. Cette théorie *mécanique* fut nettement exposée par J. Herschel et V. Marsh; reprise très en détail par R. de Reichenbach qui, par le calcul des pressions, étudie en particulier les phénomènes de rupture et d'explosion; commentée par Daubrée et soumise à des calculs très explicites par G. A. Hirn. V. Regnault avait fait cette remarque fort judicieuse que la pression racle, désagrège la surface, la pulvérise, et que cette poussière devenue incandescente constitue précisément la traînée lumineuse qui subsiste parfois assez longtemps, remarque très utile pour expliquer les conclusions ultérieures de N. Lockyer.

Assurément, il est exagéré de dire comme Tisserand et Andoyer dans leurs Leçons de Cosmographie : « une partie de leur force vive est transformée en chaleur; un calcul facile montre que... c'est ainsi que ces météores deviennent rapidement lumineux ». Le calcul, en effet, n'est pas si

*facile*, car il est malaisé d'apprécier les conditions complètes du phénomène et la question mérite un examen plus précis. Mais faut-il pour cela, comme le demande P. Burgatti, dire que la théorie mécanique n'est pas soutenable? et lui substituer une théorie *électrique* : la météorite, longtemps soumise au flux solaire d'électrons, en émet à son tour, prend une charge positive et, parvenue dans la couche de Heaviside, à 80$^{km}$ environ, est bombardée par les électrons très nombreux et devient lumineuse. De son côté, Ch. Fabry considère que le frottement — ou plus exactement selon lui les chocs contre les molécules d'air — ne saurait produire la température de 6000° (Burgatti se contenterait de 2000°) requise pour une lumière blanche, température à laquelle aucun corps solide ne serait capable de résister. Enfin, Burgatti comme Fabry font grand grief de ce fait que quelques spectres d'étoiles filantes indiquent des raies brillantes sur fond obscur, conditions caractéristiques de la lumière émise par un gaz; ce dernier auteur conclut donc que la lumière n'est pas émise par le projectile, mais bien par le gaz qu'il traverse et peut-être aussi par des gaz occlus qui se trouvent libérés.

Examinons donc de plus près la théorie purement mécanique pour voir comment elle se prête aux applications numériques dans les deux cas extrêmes : soit lorsque la variation d'énergie est entièrement utilisée pour échauffer le mobile; soit lorsque toute la chaleur se disperse par rayonnement au lieu de s'accumuler dans le mobile, qui est alors simplement traversé par un flux de chaleur.

Dans le premier cas, en égalant la variation de force vive (en équivalent de chaleur) à l'échauffement du mobile et de la colonne d'air comprimé, on obtient une équation renfermant la température finale; le poids de cette colonne d'air étant fourni par une équation analogue à celle de Hutton-de Borda, on peut calculer la température du projectile. Pour une vitesse primitive de 30$^{km}$, réduite par le frottement de *un centième* seulement, on trouve pour le mobile une température d'environ 10800°. Dans le second cas, la formule de Poisson suffit à résoudre le problème et, pour une température ambiante de −73°, fournit au projectile une température de 2358°, bien suffisante pour donner de la lumière *blanche*, ce qui répond à une des deux critiques fondamentales.

On trouverait environ 7500° dans le premier cas avec 80$^{km}$ de vitesse initiale.

Si l'on adopte les autres éléments plausibles de Hirn ou de de Reichenbach, on trouve 3340° et 5178° et le seul point douteux de tels calculs est de savoir dans quelle mesure la formule de Poisson reste appli-

cable à d'aussi grandes différences de pression; de plus, pour expliquer les phénomènes de rupture, un calcul simple ($V = 80^{km}$) indique que la pression momentanée supportée par un bolide de forme sphérique s'élève à 675 atmosphères, pression que supporterait le fer (à la température ordinaire du moins) mais qui ferait éclater une pierre. Mais, de toutes façons, on voit qu'à de grandes hauteurs dans l'atmosphère, pour de l'air fort raréfié, l'apparition de météores très brillants n'a rien de surprenant.

En résumé, après nous être placés dans deux cas extrêmes opposés, on peut dire que, sur le trajet d'une météorite et dans son voisinage immédiat, se rencontrent les conditions expérimentales les plus étendues, des pressions allant de 0 à 1000 atmosphères et des températures possibles entre 2500° et 75000°, conditions qui dépassent de beaucoup celles que peut réaliser un laboratoire : il serait bien téméraire d'affirmer ce que *doivent* être les spectres des solides, vapeurs ou gaz dans ces conditions, d'autant plus que N. Lockyer parle encore d'introduire en partie l'effet de spectres d'absorption et que, d'autre part, on peut soutenir que la chaleur ne suffit pas, en l'absence de toute réaction chimique, pour rendre un gaz lumineux.

Et parce que quelques spectres, rares et imprécis, ne sont pas favorables à un corps solide porté à l'incandescence, faut-il rejeter toute une théorie cohérente ? Soit pour la remplacer par un processus électronique (Burgatti), certes plus à la mode du jour mais sans aucune précision, soit pour introduire un phénomène analogue à celui d'un tube lumineux « mais avec un procédé d'illumination que nous ne savons pas reproduire en laboratoire (Ch. Fabry) »; alors, surtout, qu'il ne s'agit en réalité que d'introduire des hypothèses nouvelles, n'apportant pas la possibilité des déterminations numériques que lord Kelvin considérait comme *indispensables* à définir le caractère *scientifique* des choses.

Nous ne le pensons pas. La théorie mécanique suffit à faire intervenir des vapeurs incandescentes et explique assez l'apparence lumineuse bien avant l'entrée dans la couche de Heaviside, de sorte qu'elle nous semble toujours la meilleure explication de tous les phénomènes météoriques et il faudrait des arguments bien puissants pour renoncer à une théorie aussi simple.

*Remarques sur la Communication précédente*, par M. **Ch. Fabry.**

La Note de M. Jean Mascart met bien en évidence le grand dégagement de chaleur qui doit résulter de la perte de vitesse d'un petit corps solide pénétrant dans la haute atmosphère. Ce phénomène calorifique joue cer-

tainement un rôle important dans la manière dont se comportent les étoiles filantes, ne fût-ce que pour réduire en vapeurs ces petits corps et les empêcher d'arriver entiers à la surface du sol; mais, contrairement à l'opinion que l'on peut appeler classique et que défend M. Mascart, je ne pense pas que l'incandescence d'un corps solide puisse être admise comme cause unique, ni même comme cause principale de la lumière que nous observons.

Pour qu'un corps puisse atteindre, à l'état solide, une température donnée très élevée, il ne suffit pas de lui fournir une quantité de chaleur déterminée; il faut encore qu'il puisse supporter la température fixée sans être volatilisé. C'est ainsi que l'amélioration de la lampe électrique à incandescence demande que le filament soit porté à une température de plus en plus élevée; cela ne présente pas la moindre difficulté du point de vue de l'énergie électrique; toute la difficulté réside dans la production d'un filament de plus en plus réfractaire. Il paraît bien difficile d'admettre que le corps solide, qui constitue probablement l'étoile filante avant son échauffement, puisse supporter, sans être volatilisé, une température supérieure à 3000° K. Or, à cette température, la lumière émise par un corps noir est fortement *rouge* comparée à celle de presque toutes les étoiles; l'indice de couleur serait d'environ + 2,2, alors que celui d'Antarès n'est que de + 1,66. La plupart des étoiles filantes ont un tout autre aspect; il faudrait admettre une température voisine de 6000° pour expliquer ce que l'on observe; on se demande quel corps solide il faudrait imaginer pour résister à cette température.

M. Mascart paraît regarder les observations spectrographiques comme d'un faible intérêt. Elles donnent cependant le seul moyen pour déterminer avec certitude l'origine de la lumière; ces observations difficiles sont peu nombreuses; elles indiquent toutes, comme partie principale du rayonnement, une émission par des gaz ou des vapeurs, et non par incandescence d'un corps solide.

La traînée persistante que laissent souvent les étoiles filantes est l'une des particularités les plus curieuses du phénomène, et l'une des plus difficiles à expliquer. M. Mascart se range à l'opinion d'après laquelle cette traînée serait un essaim de particules solides arrachées à l'astéroïde et continuant à rayonner à cause de leur haute température. Il est facile de voir que cette explication est inadmissible; le refroidissement serait beaucoup trop rapide pour que la traînée ainsi constituée reste visible même quelques secondes. Supposons un corps solide, sphérique, et soit R

son rayon exprimé en centimètres; soit C la capacité calorifique de l'unité de volume, exprimée en petites calories par centimètre cube. Le temps nécessaire pour passer de la température $\theta_0$ à la température $\theta_1$ est donné par la formule

$$t = 81 \times 10^9 \mathrm{RC} \left( \frac{1}{\theta_1^3} - \frac{1}{\theta_0^3} \right).$$

Faisons $C = 1$ (ce qui est un extrême maximum) et prenons une sphère de $2^{mm}$ de diamètre ($R = 0,1$). Prenons comme température initiale $\theta_0 = 3000$. Pour $\theta_1 = 1900°$, l'intensité lumineuse de chaque sphère sera réduite au-dessous du centième de sa valeur initiale, et la traînée sera sans doute complètement invisible; avec ces valeurs la formule donne $t = 0,9$ seconde. On pourrait, contre toute vraisemblance, supposer une température initiale beaucoup plus élevée, par exemple 6000°; le temps nécessaire pour réduire l'intensité lumineuse au centième de sa valeur initiale serait encore plus petit. Enfin on peut imaginer des particules plus grosses, par exemple des sphères de $2^{cm}$ de diamètre; mais comment supposer que de pareils corps, pesant plusieurs dizaines de grammes, puissent rester suspendus dans la haute atmosphère? Et encore cette hypothèse ne porterait-elle qu'à 9 secondes le temps que l'on vient de calculer, et ce sont des durées dépassant 500 secondes que l'on observe assez souvent.

Il n'y a d'autre ressource, pour expliquer la lumière émise par la traînée aussi bien que celle de l'étoile filante, que d'admettre une luminosité de gaz. On connaît déjà un certain nombre de cas de luminosités de gaz se maintenant assez longtemps, même dans les petits volumes que nous pouvons étudier au laboratoire; l'azote actif offre un exemple de ce genre; on peut supposer que, dans un très grand volume de gaz très raréfié, sans parois, les durées seraient encore plus grandes. Malheureusement, il y a peu d'espoir d'obtenir un spectre d'une lumière aussi faible que celle d'une traînée d'étoile filante.

Quant à la nature du gaz illuminé et à la cause de son excitation, on ne peut que faire des hypothèses assez vagues. Ainsi que le remarque M. Mascart, parler de phénomène électrique sans autre précision ne signifie rien. Il faut certainement faire intervenir des gaz et des vapeurs arrachés à l'astéroïde lui-même. Quant au gaz de l'atmosphère, dans un état d'extrême raréfaction occupant un volume sans parois, on ne peut parler de sa température qu'avec certaines précautions lorsqu'il est traversé par un astéroïde animé d'une grande vitesse. La température est liée à l'énergie cinétique moyenne des molécules; pour que, dans un volume

donné, on puisse parler de température, il faut que se soit établie une répartition statistique des énergies cinétiques; or ici, dans le gaz non perturbé, le libre parcours moyen peut être de l'ordre du mètre; il est très petit par rapport aux dimensions du corps perturbateur. A la suite des chocs, certaines molécules prennent des vitesses très grandes; si l'étoile filante a une vitesse de $30^{km}$ par seconde par rapport à la Terre, certaines molécules choquées prendront, par rapport à l'ensemble des molécules non choquées, une vitesse de $60^{km}$ par seconde, et transféreront ensuite peu à peu leur grand excès d'énergie cinétique à d'autres molécules par chocs successifs. De tels chocs suffisent-ils à exciter les molécules? On connaît de nombreux cas de luminosité de gaz par simple effet de température, c'est-à-dire par simple effet de choc; mais les chocs sont beaucoup plus nombreux que dans le cas actuel; par contre, ils sont beaucoup moins violents, car il faudrait atteindre une température de plusieurs millions de degrés pour que la vitesse moyenne d'agitation de molécules d'azote atteignît les $60^{km}$ par seconde que nous venons de trouver.

En résumé, il ne me paraît pas douteux que la plus grande partie de la lumière de l'étoile filante et toute celle de sa traînée ne soit due à la luminosité d'un gaz, mais le mécanisme de cette émission reste incertain.

## PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie de la charge électrique.* Note de M. L. Goldstein, transmise par M. L. de Broglie.

Nous avons indiqué [1] une voie possible à suivre dans l'étude des corpuscules élémentaires. Nous avons vu que cette voie peut conduire à reconnaître certains traits fondamentaux des corpuscules en étudiant leur comportement sous l'influence d'actions extérieures et, en particulier, au cas d'action extérieure nulle. C'est ce dernier cas qui a été étudié surtout dans notre précédente Note. Le résultat auquel on a été conduit, et qui s'exprime par le théorème I et son corollaire, est absolument général et s'applique à un corpuscule électriquement chargé ou neutre. Nous voudrions étudier maintenant le cas des corpuscules électrisés ou charges électriques dans un champ électromagnétique. D'après le théorème I et de son corollaire l'équation d'onde relativiste de Dirac ne peut être associée

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 454.

qu'à de tels corpuscules libres qui ont un *moment cinétique intrinsèque unique égal à* $h/4\pi$.

L'équation d'onde relativiste d'un corpuscule électrisé libre, de charge $e$, en valeur absolue, de masse au repos $m$, et de moment cinétique intrinsèque $h/4\pi$, d'impulsion d'Univers $(\vec{p}, W/c)$, est

$$\left(\frac{W}{c}+\sum_i \alpha_i p_i+\alpha_4 mc\right)\Psi(x_i, t)=0. \tag{1}$$

Lorsque l'on veut passer à l'étude du comportement de cette charge sous l'influence d'un champ électromagnétique extérieur, on se trouve en présence d'une difficulté fondamentale bien connue, liée au fait que la charge considérée n'est pas définie dans ses rapports avec le champ extérieur dans la théorie des quanta. Cette définition est prise dans l'électromagnétisme classique et la limite de validité de son utilisation dans la théorie des quanta coïncide essentiellement avec la limite de validité qui lui est imposée en théorie classique. En vertu de cette définition, l'équation d'onde relativiste d'une charge électrique de moment cinétique intrinsèque $h/4\pi$ dans un champ électromagnétique défini par le potentiel $(V, \vec{\Phi})$ sera

$$(2)\quad \begin{cases} \left(\dfrac{W+eV}{c}+\Sigma\alpha_i P_i+\alpha_4 mc\right)\Psi(x_i, t)=0, \\ P_i=p_i+\dfrac{e}{c}\Phi_i. \end{cases}$$

Cette équation est conforme aux principes sur lesquels repose (1) et, en outre, elle satisfait au principe de correspondance. On sait alors qu'en passant à l'équation du second ordre associée à (2), en multipliant (2) en avant par l'opérateur

$$\frac{W+eV}{c}-\Sigma\,\alpha_i P_i-\alpha_4 mc \tag{3}$$

et tenant compte des relations de commutation des matrices $\alpha_\mu (\mu=1, 2, 3, 4)$ et de la définition des vecteurs champs électrique et magnétique, on est conduit à attribuer au corpuscule chargé dont le mouvement est décrit par (2), un *moment magnétique intrinsèque unique* dont la valeur numérique absolue est $eh/4\pi mc$.

Ceci résulte en toute rigueur de l'application de l'opérateur (3) sur l'équation (2) conforme aux principes énoncés dans le théorème I et au principe de correspondance. Il est clair cependant qu'une propriété intrinsèque à laquelle on est conduit par la voie indiquée — et qui consiste à

rechercher quel trait caractéristique l'étude du comportement d'une charge amène à attribuer à celle-ci — est indépendante des méthodes qui permettent de la reconnaître. Le moment magnétique intrinsèque ne dépend naturellement en rien du champ extérieur et existe au cas d'un champ nul, fait qui se démontre conformément au principe de correspondance. Nous ne pouvons pas insister ici sur cette démonstration.

On est ainsi conduit à énoncer un nouveau théorème relatif à la description relativiste du mouvement d'une charge électrique et à la propriété fondamentale que cette équation relativiste *octroie* à cette charge.

THÉORÈME. — *L'équation d'onde relativiste associée à une charge électrique égale en valeur absolue à e, de masse au repos m, de moment cinétique intrinsèque* $h/4\pi$, *possédant, conformément au principe de correspondance, l'impulsion d'Univers* $(\vec{P}, W + eV/c;\ P_i = p_i + e/c\,\Phi_i)$ *dans un champ électromagnétique défini par le potentiel* $(V, \vec{\Phi})$, *ou* $(\vec{p}, W/c)$ *en absence de champ, conforme aux relations de de Broglie* $(W + eV = h\nu,\ \lambda|\vec{P}| = h)$, *ou* $(W = h\nu,\ \lambda|\vec{p}| = h)$, *au principe ondulatoire de la décomposition spectrale et conduisant à une expression définie positive de la densité de probabilité de présence, procédé de Dirac, amène à attribuer à cette charge une propriété fondamentale susceptible d'être interprétée comme son moment magnétique intrinsèque unique dont la valeur numérique absolue est* $eh/4\pi mc$.

COROLLAIRE. — *On ne peut associer à aucune charge e, en valeur absolue, de masse au repos m, de moment cinétique intrinsèque* $h/4\pi$, *ayant un moment magnétique intrinsèque différent, en valeur absolue, de* $eh/4\pi mc$, *une équation d'onde relativiste représentant son mouvement dans un champ électromagnétique extérieur, ou en absence de tel champ, conforme aux principes énoncés dans le théorème II.*

Nous ne pouvons que souligner ici l'importance des théorèmes I et II et de leurs corollaires en ce qui concerne la limitation fondamentale de l'applicabilité de la théorie des quanta relativiste.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure ou la détection des faibles courants alternatifs.* Note de M. **Emmanuel Gambetta**, présentée par M. A. Cotton.

Les appareils de mesure habituels du courant alternatif peuvent se classer en diverses catégories au point de vue de leur sensibilité au voisinage de zéro ; on peut, en effet, distinguer parmi eux :

1° les appareils dont les indications sont proportionnelles aux carrés des valeurs efficaces des courants, tels sont les appareils thermiques, les appareils à thermocouple, les appareils électromagnétiques, les électrodynamomètres et les électromètres, montés en idiostatique;

2° ceux dans lesquels les indications au voisinage de zéro sont liées aux valeurs efficaces des courants par une loi d'allure parabolique, tels sont les appareils utilisant les propriétés de détection des lampes à trois électrodes, dues aux courbures de leurs caractéristiques de grille ou de plaque, et les appareils redresseurs à conductibilité unilatérale (au voisinage immédiat de zéro);

3° enfin ceux dans lesquels les indications sont proportionnelles aux valeurs efficaces des courants comme les électrodynamomètres et les électromètres montés en hétérostatique, et les galvanomètres à résonance.

Dans les premiers et les seconds la sensibilité tend vers zéro avec la valeur efficace du courant; dans les derniers elle est constante, fonction du déphasage entre courants dans les électrodynamomètres et les électromètres. Or, l'emploi de ces appareils n'est pas toujours possible : les galvanomètres à résonance ont une très grande sensibilité mais ils exigent une fréquence bien constante; ils seraient au contraire très précieux si l'on désirait une mesure sélective; quant aux électromètres, lorsqu'ils ont une période courte ou sont peu fragiles, leurs sensibilités peuvent ne pas être suffisantes surtout lorsque les circuits dans lesquels on les emploie ne sont pas de résistance élevée.

Il est au contraire facile, en utilisant le montage simple suivant, d'obtenir, dans la mesure des courants alternatifs au voisinage de zéro ou dans leur détection, une sensibilité de l'ordre de celles que donnent les galvanomètres en courant continu.

On superpose dans un redresseur du type cuivre-oxyde de cuivre constitué de quatre éléments disposés en pont de Wheatstone afin de redresser les deux alternances, le courant alternatif étudié et un courant auxiliaire d'intensité constante. Les fréquences des deux courants doivent être identiques ou notablement différentes pour que la superposition de ces courants ne donne pas naissance à des battements que l'appareil de mesure serait susceptible de suivre ([1]). Le courant total redressé est envoyé dans un

([1]) Si le courant auxiliaire est alternatif, et s'il est, ainsi que le courant à mesurer, de fréquence convenable, on peut, par exemple, disposer en série avec le redresseur les deux secondaires de transformateurs dont les primaires sont parcourus respectivement par les deux courants.

galvanomètre sur lequel on fait une compensation de la partie correspondant au courant auxiliaire, c'est-à-dire dont on annule la déviation lorsque le courant étudié est nul; les indications de ce galvanomètre sont alors directement proportionnelles aux valeurs efficaces du courant alternatif à contrôler; il suffit, en effet, de donner au courant auxiliaire une valeur suffisante pour que le point de fonctionnement du redresseur se trouve dans la partie rectiligne de sa caractéristique. On peut même aussi, en modifiant en conséquence la valeur du courant de compensation, surveiller le courant alternatif et le maintenir autour d'une valeur quelconque en gardant toujours la même sensibilité.

Le principe du montage est général et le courant auxiliaire peut être également un courant continu.

Dans le cas particulier important où le courant alternatif à contrôler a son siège dans le circuit-plaque de la lampe de sortie d'un amplificateur, comme on dispose déjà dans ce circuit d'un courant continu constant, on peut faire jouer à celui-ci le rôle du courant auxiliaire précédent et le montage devient particulièrement simple : le redresseur est intercalé dans le circuit-plaque considéré; du côté redressé, il débite sur un galvanomètre sur lequel on fait une compensation telle que sa déviation soit nulle en l'absence de courant alternatif dans ce circuit-plaque.

On peut ainsi obtenir, avec un bon galvanomètre ordinaire (galvanomètre Deprez-d'Arsonval dont le cadre a une résistance de 860 ohms et une période propre d'oscillation en circuit de 9 secondes) une sensibilité au courant alternatif de l'ordre de $5.10^{-9}$ ampère efficace par millimètre, constante sur toute l'échelle à partir de zéro.

Si le courant alternatif étudié alimente le redresseur par l'intermédiaire d'un transformateur, et si ce dernier fonctionne dans de bonnes conditions de flux grâce à un réglage correct du courant auxiliaire, on peut, en bénéficiant du rapport de transformation de cet appareil, atteindre encore une sensibilité notablement supérieure à celle précédemment indiquée.

Un amplificateur apériodique équipé avec un tel dispositif permet de mesurer avec sensibilité des courants alternatifs très faibles et de toutes les fréquences que détecte convenablement le redresseur (et que laisse passer le transformateur, s'il en est fait usage). Il permet de ne pas perdre dans cette mesure une fraction très importante du gain de sensibilité apporté par l'amplificateur.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur le fonctionnement des bigrilles changeuses de fréquence*. Note de M. **Y. Rocard**, présentée par M. Ch. Fabry.

MM. Lambrey et Krauthammer [1] ont attiré l'attention sur l'insuffisance du point de vue qui attribue les battements, dans le courant plaque d'une bigrille changeuse de fréquence, à une sorte de modulation de l'oscillation hétérodyne provoquée entre la première grille et la plaque. Il est peut-être utile de préciser un peu le mécanisme du phénomène.

Si l'on se contente d'une description superficielle des faits, on peut considérer le courant plaque $i_p$ comme donné, quand la bigrille oscille, par (à quelques phases près)

$$(1)\qquad i_p = a + b\sin\omega t + c\sin 2\omega t + d\sin 3\omega t + \ldots,$$

$\omega$ étant la fréquence hétérodyne, $a, b, c, \ldots$ des quantités qui sont modifiées par le potentiel $v_{g_2}$ de la grille de contrôle :

$$(2)\qquad a = a_0 + a_1 v_{g_2} + a_2 v_{g_2}^2 + \ldots,\qquad b = b_0 + b_1 v_{g_2} + b_2 v_{g_2}^2 + \ldots.$$

Si $v_{g_2}$ varie comme $\sin\omega' t$, en explicitant $i_p$ on trouve des termes de battement. MM. Lambrey et Krauthammer font de justes critiques à ce point de vue, car la détermination de $a_1, a_2, \ldots, b_1, b_2, \ldots$ faite statiquement ($\omega' = 0$) n'est plus valable pour une fréquence $\omega'$ de l'ordre de $\omega$.

On peut aussi considérer le courant plaque comme donné en fonction de $v_{g_2}$,

$$(3)\qquad i_p = A + B v_{g_2} + C v_{g_2}^2 + D v_{g_2}^3 + \ldots,$$

A, B, C, ... dépendant du temps par suite de l'oscillation

$$(4)\qquad A = A_0 + A_1\sin\omega t + A_2\sin 2\omega t + \ldots.$$

On obtient bien des termes de battements en faisant varier $v_{g_2}$ à la pulsation $\omega'$, mais comment relier $A_1, A_2, \ldots, B_1, B_2, \ldots$ aux caractéristiques statiques ? En réalité, le problème reste entier.

La mise en équation du problème de l'oscillateur, compte tenu des caractéristiques courbes et de l'effet de contrôle de la grille $v_{g_2}$, éclaire un peu la question. Supposons un circuit accordé (L, C) sur la plaque, couplé par induction (M) à la première grille. Soit la caractéristique statique de la bigrille autour d'un point de fonctionnement :

$$(5)\qquad \rho i_p = v_p + K_1 v_{g_1} + K_2 v_{g_2} + \alpha_1 v_p^2 + \alpha_2 v_{g_1}^2 + \alpha_3 v_{g_2}^2 + \beta_1 v_{g_1} v_p + \beta_2 v_{g_2} v_p + \ldots,$$

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 156.

$v_p$ étant la tension plaque. Négligeant des termes petits, il n'y a pas de difficultés à obtenir pour $v_p$ l'équation

$$(2) \quad \omega^2 v_p - \varepsilon[1 - \alpha v_p - \beta v_p^2 - \ldots]\, v'_p + v''_p = \frac{d}{dt}[v_{g_2}(\gamma_0 + \gamma_1 v_p + \gamma_2 v_p^2 + \ldots)],$$

où l'on suppose $v_{g_2}$ petit (c'est bien le cas pratique), toutes les constantes $\varepsilon$, $\alpha$, $\beta$, ..., $\gamma_1$, $\gamma_2$, ... se déduisant sans ambiguïté de la caractéristique statique (5) et du rapport M/L.

$\varepsilon = 0$ donne la condition limite d'entretien. Si l'on suppose $\varepsilon$ petit (soit $rc\rho + L + KM$ voisin de zéro) et si l'on se donne $v_{g_2} = u_0 \sin\omega' t$, la solution stationnaire de l'équation (6) est :

$$(7) \quad v_p = \left(\frac{2}{\sqrt{\beta}}\right)\sin\omega t + \left(\frac{2\varepsilon\alpha}{3\omega\beta}\right)\sin 2\omega t - \left(\frac{\varepsilon}{4\omega\sqrt{\beta}}\right)\cos 3\omega t + \left(\frac{\gamma_0\omega'}{\omega^2 - \omega'^2}\right) u_0 \cos\omega' t$$
$$+ \left\{\frac{\gamma_1[\omega + \omega']}{\sqrt{\beta}\,[\omega^2 - (\omega + \omega')^2]}\right\} u_0 \sin(\omega + \omega')t$$
$$- \left\{\frac{\gamma_1[\omega' - \omega]}{\sqrt{\beta}\,[\omega^2 - (\omega - \omega')^2]}\right\} u_0 \sin(\omega - \omega')t.$$

On voit ici apparaître les termes de battements, avec leur amplitude variant en fonction de la fréquence, et différemment pour l'un et pour l'autre. Mais l'équation (7) est valable seulement si l'impédance sur le circuit plaque est réduite au circuit oscillant. C'est le cas pratique où l'on sélectionne la moyenne fréquence dans un montage à résonance série. On voit alors que les amplitudes différentes pour les deux battements *en tension* correspondent à des *courants* d'amplitude égale.

En pratique, $v_{g_2}$ ne se réduit jamais à un signal extérieur $u_0 \sin\omega' t$, car par suite des capacités grille de contrôle-grille interne ($c'$) et grille de contrôle-plaque ($c''$) un courant important à la fréquence hétérodyne, passe sur la grille de contrôle et, y trouvant généralement l'impédance constituée par un circuit accordé ($L_1 c_1$) sur la fréquence $\omega'$ y développe une tension proportionnelle à $v_p$. Dans le cas particulier d'un oscillateur très couplé (cas le plus favorable à la production de battements intenses), on a

$$(8) \quad v_{g_2} = \frac{\left[u_0 \sin\omega' t + \dfrac{L_1\omega}{1 - \left(\dfrac{\omega}{\omega'}\right)^2}\left[c'\omega\dfrac{M}{L} + c''\omega\right] v_p\right]}{\left[1 + \dfrac{L_1\omega}{1 - \left(\dfrac{\omega}{\omega'}\right)^2}(c'\omega + c''\omega)\right]},$$

Pour une moyenne fréquence $\omega' - \omega$ (par exemple) donnée, et pour la réception de $\omega'$, l'existence du dénominateur en (8) crée *une importante dissymétrie d'amplitude des battements* créés par le terme de fréquence $\omega'$. Quant au terme de fréquence $\omega(v_p)$, sa prise en considération revient à modifier les constantes $\varepsilon$, $\alpha$, $\beta$.

Les expressions (7) et (8) suggèrent toutes sortes de conséquences techniques, les unes relatives à la construction des bigrilles (qui doivent avoir des caractéristiques statiques très courbes par rapport à $v_{g_1}$ et $v_{g_2}$) les autres relatives à leur emploi [possibilité d'une réaction, pour $\omega > \omega'$, en réglant $c'$ et $c''$ pour diminuer le dénominateur de (8); possibilité d'un neutrodynage par rapport à $v_p$ en réalisant le réglage $c'\mathrm{M} + c''\mathrm{L} = 0$].

MAGNÉTISME. — *Exploration magnétique des pièces métalliques.* Note [1] de M. **Jean Peltier.**

Dans de précédentes Communications [2] j'étudiais les possibilités offertes par l'emploi des champs magnétiques fixes ou tournants, pour explorer les arbres de machines et plus généralement toutes sortes de pièces métalliques d'assez grande perméabilité, et y déceler les défauts d'homogénéité, soufflures, etc., qui pouvaient éventuellement s'y trouver.

En cherchant à transposer dans le domaine de la pratique les résultats de mes travaux, je me suis heurté à de nouvelles difficultés provenant de la nécessité de supprimer l'alimentation des divers appareils par accumulateurs, pour avoir recours, exclusivement, au courant du secteur. Je me suis donc attaché à l'utilisation du secteur alternatif 115 volts, 50 périodes.

Grâce à une *tension anodique* de construction courante et à des lampes à chauffage indirect, il m'a été assez facile de réaliser un amplificateur basse fréquence de quelques watts permettant l'utilisation de la balance de Hughes et des autres dispositifs décrits dans mes précédentes Notes. Malheureusement, en raison de l'instabilité du réseau, la sensibilité *pratique* de ce nouvel ensemble était insuffisante.

Après avoir essayé divers dispositifs [3], téléphones, hauts-parleurs, lampes au néon, milliampèremètres, j'ai constaté que le plus fidèle de tous

---

(1) Séance du 19 janvier 1934.)

(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 348; **193**, 1931, p. 420.

(3) N'ayant pas d'oscillographe cathodique à ma disposition, je ne saurais préjuger des résultats que pourrait fournir un tel appareil, mais je présume qu'ils seraient du plus grand intérêt.

était le milliampèremètre, utilisé seul. Le seul reproche qui puisse être fait à ces appareils (je parle des milliampèremètres de fabrication courante) est leur sensibilité insuffisante, par rapport *aux variations* du courant disponible à la sortie d'un amplificateur normal, alimenté par les bobines exploratrices ou les balances d'induction.

Après de nombreuses recherches, j'ai pu réaliser un nouvel amplificateur à 2 lampes, tel que le courant de sortie soit *rigoureusement nul* avant la mise en service des appareils servant à l'exploration magnétique. La disposition la plus simple de ce genre peut être obtenue en utilisant comme première lampe une Philips E 424, reliée par transformateur à la lampe suivante du type E. 438 (je ne doute d'ailleurs pas que de très notables améliorations soient encore possibles). La puissance disponible est beaucoup plus faible que celle fournie par les amplificateurs ordinaires utilisés dans mes essais précédents; mais, la stabilité est telle qu'on peut, au besoin, remplacer le milliampèremètre par un bon galvanomètre dont la sensibilité permet d'apprécier des variations d'épaisseur de l'ordre du 1/100$^{e}$ de millimètre dans une plaque en acier dont l'épaisseur moyenne est voisine de 8$^{mm}$.

Parmi les autres métaux, l'aluminium et ses alliages, le cuivre, le laiton, l'argent, etc., agissent très nettement sur les appareils — toujours alimentés en 50 périodes.

Dans le cas des câbles, j'ai constaté que la Balance d'Induction peut être remplacée, assez avantageusement, par un dispositif rappelant le pont de Wheatstone alimenté d'une part en courant alternatif et agissant d'autre part sur le circuit de grille de la première lampe de l'amplificateur, l'une des self du pont de Wheatstone étant influencée par l'objet à vérifier, ou même traversée par cet objet.

FLUORESCENCE. — *Fluorescence de la vapeur d'iode excitée par de la lumière polarisée circulairement et observée longitudinalement.* Note [1] de MM. **P. Daure** et **A. Kastler**, présentée par M. A. Cotton.

Le spectre de fluorescence de la vapeur d'iode, excité par la raie verte du mercure, et analysé par R. W. Wood [2], se compose, lorsque la raie

(1) Séance du 29 janvier 1934.

(2) *Phil. Mag.*, 6$^{e}$ série, 21, 1911, p. 261; 26, 1913, p. 828 et 846; 35, 1918, p. 236 et 352. — Vue d'ensemble dans P. Pringsheim, *Fluoreszenz u. Phosphoreszenz*, 6 : *Struktur der Materie*, p. 47.

excitatrice est suffisamment fine, d'une série de doublets à peu près équidistants.

L'intervalle entre les deux composantes des doublets est environ 1,5 Å (soit $\Delta\nu = 5\ cm^{-1}$), et deux doublets successifs sont écartés de 70 Å environ.

La raie excitatrice 5462,23 Å (λ dans le vide selon la table internationale) fait partie du spectre de fluorescence. Elle forme avec son satellite 5463,74 Å le doublet d'ordre 0.

Entre la raie verte et les deux raies jaunes du mercure devraient se placer trois autres doublets, les doublets d'ordre 1, 2 et 3, mais le doublet d'ordre 2 fait défaut.

Le tableau suivant montre la correspondance entre ces raies et les sauts quantiques : $v$ est le quantum de vibration, $j$ le quantum de rotation (¹) :

| Ordre du doublet. | λ. | | $v \to v'$. | $v' \to v''$. | $j \to j'$. | $j' \to j''$. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 ..... | 5462,23 | 5463,74 | $0 \to 26$ | $26 \to 0$ | $28 \to 29$ | $29 \to 28$ | $29 \to 30$ |
| 1 ..... | 5526,55 | 5528,10 | $0 \to 26$ | $26 \to 1$ | $28 \to 29$ | $29 \to 28$ | $29 \to 30$ |
| 3 ..... | 5658,71 | 5660,38 | $0 \to 26$ | $26 \to 3$ | $28 \to 29$ | $29 \to 28$ | $29 \to 30$ |

La composante de chaque doublet du côté du violet résulte d'une transition sans changement final du quantum de rotation, $(j \to j+1 \to j)$ c'est une raie de vibration pure $(\Delta j = 0)$; son satellite du côté du rouge résulte d'un saut de deux unités du quantum de rotation

$$(j \to j+1 \to j+2;\ \Delta j = +2),$$

c'est une raie de vibration-rotation.

Le principe de conservation du moment cinétique exige que les raies $\Delta j = \pm 2$ présentent le phénomène d'inversion circulaire.

De nombreux exemples d'inversion circulaire ont été constatés dans les spectres de diffusion moléculaire sur les raies Raman (expériences de Hanle et Bär).

W. Hanle a vérifié cette inversion dans la fluorescence de la vapeur mono-atomique de thallium (²), il a cherché également à l'observer encore dans la fluorescence de la vapeur d'iode. Il n'a pas réussi faute d'intensité.

On peut aussi espérer l'observer dans l'excitation multiple de la vapeur

(¹) P. Pringsheim, *loc. cit.*, p. 49 et 51.
(²) W. Hanle, *Zts. f. Phys.*, 85, 1933, p. 300.

de mercure absorbant à partir de l'état métastable $2^3P_0$ la raie violette 4047 Å et émettant la raie verte 5462 ([1]).

L'équipement de notre laboratoire nous a permis de réaliser les expériences de vérification sur la vapeur d'iode :

1° Nous avons d'abord observé transversalement cette fluorescence; la lumière incidente étant naturelle, nous avons obtenu les divers doublets. Dans le doublet d'ordre 1, la raie correspondant à $\Delta j = 0$ est plus intense que sa compagne $\Delta j = 2$, phénomène explicable par le fait que la raie excitatrice couvre plusieurs raies d'absorption de l'iode ([2]).

2° Nous avons observé ensuite longitudinalement, et en sens inverse de la propagation, la fluorescence de la vapeur de mercure excitée en lumière polarisée circulairement.

La lumière de fluorescence a été à son tour analysée circulairement en séparant le spectre portant l'intensité $I_r$ de la lumière circulaire de même sens que la lumière excitatrice, du spectre portant l'intensité $I_v$ de la lumière circulaire inverse. Le rapport d'inversion $I_v/I_r$ est désigné par $r$ ([3]).

Nous avons pu observer dans le doublet d'ordre 1 que la raie correspondant à $\Delta j = 0$ est presque complètement régulière ($r$ très petit), que la raie correspondant à $\Delta j = 2$ est fortement inversée ($r$ grand).

Ces résultats expérimentaux confirment en première approximation les conclusions que M. Placzek vient de publier postérieurement à nos expériences, dans lesquelles il attribue à la composante $\Delta j = 0$ l'état de polarisation défini par $r = 1/6$, à la composante $\Delta j = 2$, l'état de polarisation défini par $r = 6$ ([4]).

RADIOACTIVITÉ. — *Séparation chimique des nouveaux radioéléments émetteurs d'électrons positifs.* Note ([5]) de M^me **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente ([6]) nous avons montré que si l'on irradie certains éléments légers, B, Al, Mg, par les rayons $\alpha$ du polonium, la

([1]) Ce cas sera étudié par l'un de nous dans une prochaine publication.

([2]) Pringsheim, *loc. cit.*

([3]) Le dispositif expérimental utilisé est celui de Hanle et Bär décrit dans *Ann. der Physik*, **11**, 1931, p. 885.

([4]) G. Placzek, *Rayleigh-Streuung und Raman-Effekt*, p. 372 (Leipzig, 1934); Partie 2 du tome **6** du *Handbuch der Radiologie*, 2e édition.

([5]) Séance du 29 janvier 1934.

([6]) Irène Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 254.

matière irradiée conserve une radioactivité relativement durable après l'enlèvement de la source de rayons α, radioactivité se manifestant par l'émission d'électrons positifs. Il y a donc création de radioéléments nouveaux, qui peuvent être soit des isotopes instables d'éléments connus, soit des noyaux connus formés dans un état d'excitation particulier. La première hypothèse, qui est la plus vraisemblable, conduit à considérer les noyaux $^{13}_{7}N$, $^{27}_{14}Si$, $^{30}_{15}P$ comme étant radioactifs avec émission de positrons.

Les périodes de décroissance de ces atomes sont respectivement 14 minutes, 2 minutes 30 secondes, 3 minutes 30 secondes, durées suffisamment longues pour entreprendre leur séparation chimique d'avec la matière irradiée.

En employant une source d'environ 100 millicuries de Po le nombre d'atomes radioactifs que l'on peut obtenir est de l'ordre de 100.000. La présence de ce très petit nombre d'atomes dans les diverses parties du traitement chimique peut être décelée en mesurant leur activité soit au moyen d'un compteur à électrons, soit par la méthode d'ionisation (électromètre Hoffman).

Les résultats que nous avons obtenus pour le bore et l'aluminium sont les suivants :

1° *Bore*. — La poudre de bore constituée par des grains compacts et peu attaquable par les agents chimiques se prêtent mal aux expériences. On a irradié du nitrure de bore BN ([1]). Si l'on traite ce composé par la soude étendue, à chaud, il se décompose avec dégagement d'ammoniaque. On desséche le résidu non volatil contenant le bore qui est reconnu presque inactif, bien que l'opération n'ait duré que 6 minutes. *L'activité s'est séparée du bore sous forme d'un composé gazeux*. On peut décomposer le nitrure de bore irradié, par fusion avec de la soude à sec, dans un récipient vidé d'air relié à un tube de verre à paroi très mince plongeant dans l'air liquide. Après l'opération qui dure quelques minutes on scelle le tube refroidi, dans lequel s'est condensé $NH^3$ et on le transporte sur la chambre d'ionisation. On constate qu'une grande partie de l'activité initiale est recueillie dans le tube et l'on vérifie que cette activité décroît avec la période de 14 minutes. D'autre part un papier mince imbibé de ClH introduit dans le tube recueille une partie de l'activité en même temps qu'il se forme $ClNH^4$.

Il résulte de ces expériences que *l'élément émetteur de positrons est diffé-*

([1]) L'azote irradié par les rayons α de Po ne donnent pas d'éléments émettant un rayonnement de positrons durable.

*rent du bore et se comporte chimiquement comme l'azote.* Parmi les noyaux susceptibles d'être produits par transmutation du bore avec ou sans capture de la particule α on n'aperçoit pas d'autre corps formant un composé gazeux pouvant être dégagé et recueilli dans ces conditions.

2° *Aluminium.* — On irradie une feuille mince d'aluminium. Après la mesure de l'activité on dissout l'aluminium dans HCl et l'on évapore à sec. On constate que le résidu séché n'est plus actif. L'opération a duré 3 minutes.

On peut dissoudre l'aluminium dans un petit récipient et receuillir les gaz dégagés dans un tube à paroi très mince sur une cuve à eau. L'opération dure trois minutes et demie. On bouche le tube et on le place sur la chambre d'ionisation. La plus grande partie de l'activité non détruite se retrouve dans le tube et l'on peut suivre sa décroissance. L'hydrogène naissant lors de l'attaque de Al a transformé l'élément radioactif en un composé volatil qu'il entraîne avec lui dans le tube à paroi mince. On sait que dans ces conditions $PH_3$ peut se former. On peut vérifier que si l'on oxyde les atomes radioactifs pendant la dissolution de Al en utilisant l'eau régale au lieu de ClH, le composé gazeux ne se forme pas. Enfin des essais de précipitation de phosphate de zirconium en milieu acide ont montré que l'activité peut être fixée dans le précipité tandis que Al passe en solution. Ces réactions montrent que très vraisemblablement l'élément radioactif, formé par transmutation de Al, a les propriétés chimiques du phosphore.

Des essais du même genre sont entrepris pour Mg.

En définitive ces expériences montrent que les réactions nucléaires que nous avons envisagées sont très probablement exactes. Les résultats obtenus constituent la première preuve chimique des transmutations et de la capture des particules α par les noyaux transformés. En effet les transmutations connues jusqu'ici ont lieu presque instantanément et aboutissent à la formation de corps stables. Nous n'avons pas le moyen de vérifier la nature chimique des atomes formés et l'on n'est guidé pour écrire les réactions que par les considérations énergétiques. Au contraire dans le cas où la transmutation donne lieu à la création d'un noyau radioactif de vie moyenne assez longue il est possible, comme nous l'avons fait, d'identifier la nature chimique de l'atome formé. Ce sont maintenant des raisons d'ordre physiques et chimiques qui montrent que les noyaux ${}^{13}_{7}N$, ${}^{30}_{15}P$ et probablement ${}^{27}_{14}Si$ doivent être radioactifs avec émission d'électrons positifs. Nous proposons d'appeler ces nouveaux éléments *radioazote*, *radiophosphore*, *radiosilicium*.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la dématérialisation des électrons positifs.* Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

1. Comparant les effets d'absorption des positrons et des électrons, j'ai montré (¹) que l'arrêt des positrons dans le platine provoquait l'émission d'un rayonnement nouveau, d'un quantum moyen de 500 KVe et *quarante fois plus intense* (au moins) *que la radiation X* due à l'arrêt des électrons. L'aspect des courbes indique que les positrons subissent d'abord des diffusions multiples, perdent leur énergie cinétique, puis se dématérialisent en émettant les nombreux photons observés. J'ajouterai les détails suivants :

*a*. Par enregistrement photographique, la raie de positrons est d'abord localisée sur le film, avec un contour bien défini; puis, au delà de 500 mg/cm² d'absorbant, un noircissement *étendu*, à maximum aplati, se substitue à elle. Le faisceau de positrons, bien délimité, qui traversait l'écran, fait place à une radiation secondaire (photons) émise dans toutes les directions.

*b*. *Bilan énergétique de la dématérialisation.* — On se base sur le fait fondamental déjà énoncé : le nombre des photons secondaires émis est 40 fois plus grand si l'on envoie sur une lame de platine des positrons à la place d'électrons. Mais on connaît le rendement en photons X d'une anticathode Z : il est proportionnel à Z et à l'énergie des électrons. Tenant compte de l'énergie cinétique moyenne mesurée pour notre distribution d'électrons, on calcule un rendement de $5.10^{-2}$ photon par électron. Dans le cas des positrons, le rendement en nombre de photons, 40 fois supérieur, sera environ 2. Le nombre de photons (de 500 KVe) produits par l'arrêt d'un positron est donc d'au moins *un* et probablement deux (²). Un rendement aussi important, pour des corpuscules qui ont perdu une grande part de leur énergie cinétique, ne peut provenir que d'un processus de dématérialisation.

2. D'après la position du coude de la courbe d'absorption, j'ai indiqué une portée minima des positrons dans le platine correspondant à $0^{cm},03$.

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1629.

(²) Je disais : « la transformation positron-photon se fait avec le rendement unité ». Ceci n'implique nullement, comme M. Joliot l'interprète (*Comptes rendus*, 198, 1934, p. 81), que l'on ne puisse observer qu'un *seul* photon par positron : un second photon correspondra, en fait, à la disparition simultanée d'un électron.

Voici une expérience différente, adaptée à l'étude de la diffusion et de la portée des positrons *dans les gaz*. L'enceinte étanche, qui renferme la source de positrons et le film, dans l'entrefer, est remplie d'un gaz à la pression $p$ : on mesure le nombre des corpuscules reçus en fonction de $p$. Le chemin total L parcouru, dans le gaz, par le positron sur sa trajectoire trochoïdale s'obtient par rectification de cette dernière. Si R est le rayon de l'arc moyen décrit par la trochoïde entre la source et le film, on a, pour un demi-cercle : $L = 4\pi RH : \Delta H$, $\Delta H$ étant le gradient du champ H mesuré sur le diamètre des orbites.

Dans le cas de *l'air* les résultats expérimentaux acquis sont : 1° pour des parcours de nos positrons compris entre $10^2$ et $5 \times 10^2$ cm d'air (pression normale), loi d'absorption *exponentielle*, avec le coefficient massique $\mu/\rho = 8,5$. Ceci confirme les résultats déjà annoncés, dans mes précédentes Notes, pour les éléments à l'état solide. L'absorption est d'ailleurs très forte au départ et ne prend son caractère exponentiel que pour les parcours supérieurs à $10^2$ cm; 2° il n'est pas possible de dire, pour le moment, si la portée des positrons dépasse beaucoup $5 \times 10^2$ cm d'air.

3. Reste à déterminer la *fréquence* exacte de la radiation de dématérialisation du positron. Je doute qu'on puisse y parvenir par diffraction cristalline. La méthode photoélectrique (champ magnétique uniforme, focalisation), employée de la façon suivante, serait efficace : une source intense de positrons (de dématérialisation ou de transmutation) est logée à l'intérieur d'un tube étroit en plomb, l'épaisseur des parois ($> 0^{mm},5$) étant suffisante pour que tous les électrons positifs puissent s'y dématérialiser avec production des photons à mesurer. Ceux-ci se convertiraient en partie en photoélectrons dans la masse du radiateur de plomb. La mesure de l'énergie cinétique de ces derniers déterminerait la fréquence cherchée.

A ce propos, je rappelle avoir montré l'existence (*Thèse*, Paris, 1925, p. 71) par cette même méthode photoélectrique, de deux groupes $\gamma$, d'une énergie de 507 KVe, observés seulement avec le RaC et le ThC″, c'est-à-dire pour les substances possédant un spectre $\gamma$ dépassant largement $10^3$ KVe. Le groupe émis par le RaC était observé avec des radiateurs de Pb, Pt, W, Cé, Sb, Ag, et son intensité, relativement au groupe voisin 610 KVe, paraît plus grande dans le spectre $\beta$ photoélectrique que dans le spectre $\beta$ naturel. Enfin, la coïncidence numérique des énergies de ces groupes 507 pour le RaC et le ThC″ est frappante (raie photoélectrique du plomb : $RH = 2589$ avec $\gamma$RaC; $RH = 2591$ avec $\gamma$ThC″). Des expé-

riences en cours confirment ces résultats anciens. On peut suggérer, sans trop d'invraisemblance, que ces photons seraient le résultat de la dématérialisation dans le radiateur des positrons *naturels* émis par la substance.

4. M. F. Joliot (*Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1622), reprenant mes recherches sur les positrons par la méthode de la trochoïde, décrit une expérience qui rétablirait également l'existence d'un rayonnement de dématérialisation : un compteur reçoit les positrons enroulés en trochoïde et en compte 5000 par minute. Puis l'on place sur le compteur une lame de plomb de $1^{mm},5$, arrêtant les positrons et il semble résulter de la Note de F. Joliot que l'essentiel de l'effet alors observé soit dû à des perturbations. On croit comprendre que l'on dénombre, dans le même temps, sous le plomb. 18 impulsions, parmi lesquelles 15,4 (soit 86 pour 100) seraient dues à des causes extérieures (activité du laboratoire. cosmiques?). F. Joliot propose d'en considérer 2,46 (14 pour 100) comme des photons d'annihilation. Il conclut de ces nombres, enfin, qu'il y aurait au total $10^4$ photons produits dans l'angle $4\pi$. Le multiplicateur 4000 nécessaire résulterait d'un essai avec les rayons $\gamma$ du radium.

Pour qu'une expérience de ce genre soit complètement démonstrative il faut : 1° se mettre à l'abri des pollutions extérieures; 2° tracer la courbe complète d'absorption des positrons et montrer son *relèvement;* 3° mesurer, dans des conditions identiques, le rayonnement X produit par des électrons et montrer, ce qui est essentiel, qu'il est beaucoup plus faible. Ce sont les conditions dans lesquelles je me suis placé et qui me permettent de conclure à l'existence d'une radiation de dématérialisation.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la représentation des transformations nucléaires.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude expérimentale des désintégrations naturelles et provoquées a montré l'existence de particules élémentaires, proton, neutron, électron et positron et a posé le problème de leur existence à l'intérieur du noyau. D'autre part les différents essais de théorie de l'émission $\beta$ naturelle ont conduit à admettre l'existence nécessaire d'un nouveau corpuscule ou neutrino dont les propriétés essentielles ont été décrites par F. Perrin [1]. Récemment M. L. de Broglie [2] a introduit dans la représentation du

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1625.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 136.

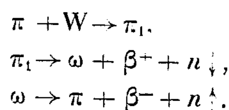
photon une particule nouvelle ou antineutrino. L'existence du neutrino et de l'antineutrino permet d'attribuer le spin $1/2 . h/2\pi$ à tous les corpuscules élémentaires.

La représentation des noyaux paraît donc devoir présenter un grand arbitraire. Toutefois des raisons de stabilité montrent qu'il est improbable qu'il existe des électrons libres à l'intérieur du noyau et l'on s'accorde actuellement pour bâtir celui-ci uniquement à l'aide de neutrons et de protons.

Les expériences de transmutation des éléments de M. Joliot (¹) ont conduit celui-ci à admettre pour expliquer les radioactivités $\beta^+$ l'hypothèse de la complexité du proton. Cette hypothèse a été reprise par Fermi (²) qui considère le proton et le neutron comme deux états quantiques distincts d'un même corpuscule, le passage de l'un à l'autre se faisant avec émission d'un électron $\beta^-$ et d'un neutrino.

Si l'on veut généraliser cette théorie afin d'obtenir une théorie synthétique des radioactivités naturelles et provoquées, l'on se trouve en face de deux possibilités qui, toutes deux, semblent donner une explication cohérente des faits observés.

La première repose sur l'hypothèse de l'existence de deux états possibles pour le proton, $\pi$ et $\pi_1$ ; l'état $\pi$ correspondant à la plus faible énergie serait le seul stable à l'intérieur des noyaux. Une perturbation extérieure apportant de l'énergie (photon, particule $\alpha$ de grande énergie) ferait passer le proton $\pi$ à l'état $\pi_1$. Ce proton instable se décomposerait successivement en donnant un neutron et en émettant un positron et un antineutrino, puis le neutron se décomposerait à son tour en donnant un proton, un électron négatif et un neutrino :



$$\pi + W \rightarrow \pi_1,$$
$$\pi_1 \rightarrow \omega + \beta^+ + n_{\downarrow},$$
$$\omega \rightarrow \pi + \beta^- + n_{\uparrow}.$$

La dernière partie de la désintégration n'aurait pas lieu si le noyau formé est susceptible de rester stable avec le neutron.

La première réaction correspondrait aux transmutations observées par M. Joliot avec émission de neutrons et de positrons.

Dans les désintégrations naturelles l'on peut admettre qu'à la suite d'une série de désintégrations $\alpha$ le rapport du nombre des neutrons au nombre

(¹) *J. de Phys.*, 4, 1933, p. 494.
(²) *La Ricerca Scientifica*, 12, 1933, p. 3.

des protons s'est trouvé trop élevé pour la stabilité du noyau. Il y a alors production d'un proton $\pi$ et émission de rayons $\beta^-$ et de neutrino.

Le deuxième mode d'explication repose sur l'hypothèse de l'unicité du proton et de la dualité du neutron qui serait susceptible de deux états $\omega$ et $\omega_1$, mais l'état stable à l'intérieur du noyau serait l'état de plus grande énergie. Le processus de désintégration le plus général s'effectuerait suivant le schéma :

$$\omega_1 \rightarrow \pi + \beta^- + n^{\uparrow},$$
$$\pi \rightarrow \omega + \beta^+ + n^{\downarrow}.$$

Les désintégrations naturelles s'effectuent alors suivant la première réaction et tendent bien à relever le rapport du nombre des protons au nombre des neutrons. Les désintégrations artificielles résultent de la deuxième réaction, un proton en excès donnant un neutron émis puisque non stable dans le noyau et un positron.

Dans les deux cas, on peut avoir le passage direct de $\pi_1$ à $\pi$ ou de $\omega_1$ à $\omega$, l'électron et le positron se matérialisant en donnant deux photons d'égale énergie et le neutrino et l'antineutrino donnant un photon d'énergie différente ou l'émission d'un électron, d'un positron et d'un photon correspondant à la combinaison du neutrino et de l'antineutrino, ce qui donnerait l'explication de la complexité des gerbes observées lors du choc d'un rayon cosmique contre un noyau.

Dans les deux cas, on peut expliquer la production des rayons $\gamma$ qui accompagnent en général (exception pour RaE), l'émission du rayonnement $\beta^-$ en considérant le fait que l'énergie de liaison du proton est plus faible que celle du neutron; la liaison du proton dans le noyau après la transformation devrait donc, dans les deux cas, libérer de l'énergie pouvant se retrouver dans le rayonnement $\gamma$.

ANALYSE SPECTRALE. — *Procédé cinématique d'analyse spectrale quantitative.* Note [1] de M. **Alberto Betim.**

Dans une Note précédente [2] nous avons présenté un nouveau procédé d'analyse spectrographique quantitative applicable aux minéraux. Nos travaux repris en partant d'un point de vue théorique différent nous

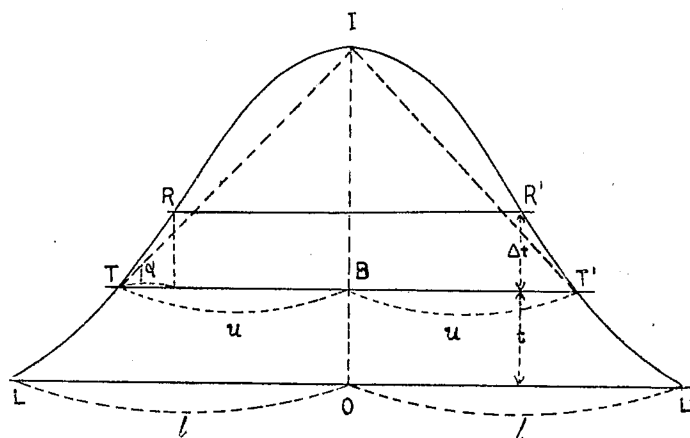
---

(1) Séance du 19 janvier 1934.

(2) Comptes rendus, 166, 1918, p. 465.

permettent à présent d'effectuer en quelques heures un dosage minéral presque complet, exception étant faite pour quelques éléments chimiques qui demeurent insensibles.

Le principe repose sur la mesure de la masse des éléments chimiques à l'aide de la variation d'une de leurs raies pendant son électro-vaporisation faite à l'arc électrique. Pour cela nous déplaçons la plaque photographique verticalement devant une étroite ouverture à bords parallèles où vient se




former le spectre. Les différentes raies se présentent comme des lignes allongées, dont chaque niveau $e$ correspond à un temps $t$ d'électro-vaporisation. La vitesse de déplacement $v$ étant constante nous avons $e = vt$. Si pour les niveaux successifs nous arrivons à déterminer la masse différentielle $m$ du corps correspondant, en partant des éléments de la raie, nous aurons pour la masse totale $M = \int_0^{e_n} m\,de$, $e_n$ étant la longueur de la raie.

La raie que nous étudions correspond à l'émission d'un nombre de photons proportionnel au nombre d'atomes excités du corps. Il s'agira donc de compter ce nombre par la simple étude de la raie.

Nous admettons que par suite d'un ensemble de causes, dont l'effet Döppler serait la dominante, la raie présente une largeur $\overline{\mathrm{LOL'}}$; O étant sa longueur d'onde (figure). Nous admettons encore que, si nous prenons comme ordonnées à partir des différents points de LL' le nombre de photons qui corresponde à leur longueur d'onde, nous obtiendrons la courbe de fréquence en statistique $y = k/\sqrt{\pi}\, e^{-k^2x^2}$.

Le nombre total de photons (soit un nombre proportionnel au nombre d'atomes passant dans l'arc à un moment donné) sera donc

$$m = \frac{k}{\sqrt{\pi}} \int_{-l}^{+l} e^{-k^2 x^2}\,dx.$$

Supposons qu'un nombre $t$ de photons soit nécessaire à insoler l'émulsion sensible de la plaque. Une ligne parallèle à LL', ayant comme ordonnée $t$, donnera aux points T et T', où elle intercepte la courbe, les limites visibles de la raie $TT' = 2u$.

La largeur de la raie sera donc $2u$. Elle sera évidemment variable, d'une part avec le nombre total de photons, puisque la courbe sera toujours limitée aux abscisses L et L', d'autre part avec la sensibilité photographique. Nous représentons les valeurs $m$ par l'aire triangulaire TI'T' que nous appelons $s$.

La mesure de $s$ peut être effectuée grossièrement à l'aide d'un oculaire micrométrique qui nous donne la base TT', largeur de la raie, et d'une échelle d'opacités croissantes de valeur relative connue, laquelle fournit une mesure de la hauteur BI, c'est-à-dire l'intensité maximum. Ayant obtenu un certain nombre de valeurs $s$ nous aurons une valeur

$$S = \Sigma s = \int_0^{e_n} s\,de$$

qui représentera la masse totale M. Cela permettra, en partant de masses connues, d'avoir la courbe $S = f(M)$.

En remplaçant les branches TI et T'I de la courbe (figure) par des lignes droites et en supposant que lorsque $m$ varie ces droites se déplacent en faisant un angle constant $\alpha$ avec TT', on peut facilement avoir, en remplaçant $s$ et $m$ respectivement par S et M,

$$\overline{M^2} - 2MS - S^2 - \frac{2t^2}{\operatorname{tang}\alpha} M - \frac{2t^2}{\operatorname{tang}\alpha} S + \frac{t^4}{\operatorname{tang}^2\alpha} = 0,$$

équation d'une parabole, ce qui confirme les résultats de l'expérience.

Pour que deux analyses soient comparables, il faut que l'impression photographique ait une sensibilité constante, car une valeur $t + \Delta t$ donnerait, évidemment, des valeurs $s' \neq s$ pour une même valeur $m$. Nous mesurons la sensibilité du cliché, en déterminant la valeur $s$ de la raie 2478,66 Å du carbone, dans une région où la totalité de la matière se sera

déjà vaporisée, et en supposant que les débits de carbone deviennent ainsi constants. Cette valeur servira d'indice de sensibilité.

Ceci nous permettra de tracer non plus la courbe d'un élément chimique mais un système d'abaques correspondant à la fonction $f(M, S, t) = 0$, $t$ étant l'indice de sensibilité. Chaque spectrogramme quantitatif porte donc inscrit son niveau de sensibilité.

En somme, en introduisant le facteur temps, par le développement de l'étendue de la raie, parallèlement à la durée de son émission, nous prétendons éviter les effets de fractionnement, tout en ayant une bonne sensibilité; ce qui nous permet encore d'avoir une mesure précise du seuil de sensibilité du cliché.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés mécaniques des alliages or-cuivre.* Note [1] de MM. **W. Broniewski** et **R. Wesolowski**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Bien que les alliages or-cuivre soient d'un usage courant dans la frappe des monnaies, la bijouterie et l'art dentaire, leurs propriétés mécaniques sont peu connues. On ne peut signaler des études générales, en fonction de la composition, que pour la dureté (Kurnakow, Zemczuzny et Zasedatelew, 1916) et la résilience (Portevin et Durand, 1919).

Nos mesures ont été exécutées sur les alliages ayant servi à la détermination de la structure et dont la préparation et le traitement furent indiqués dans la Note précédente. Les éprouvettes d'essais avaient $1^{cm}$ de section pour la résilience et $5^{mm}$ de diamètre pour les autres mesures. Le mode de mesures est mentionné dans des études antérieures [2]. Les résultats sont reproduits sur la figure ci-après.

Les propriétés mécaniques de tous les alliages or-cuivre trempés paraissent bien correspondre aux solutions solides continues et se montrent satisfaisantes. La formation de la combinaison AuCu ne se trouve que partiellement empêchée par la trempe et se fait sentir surtout pour la résilience L.

L'effet de la formation des combinaisons AuCu et $AuCu^3$, au recuit, se

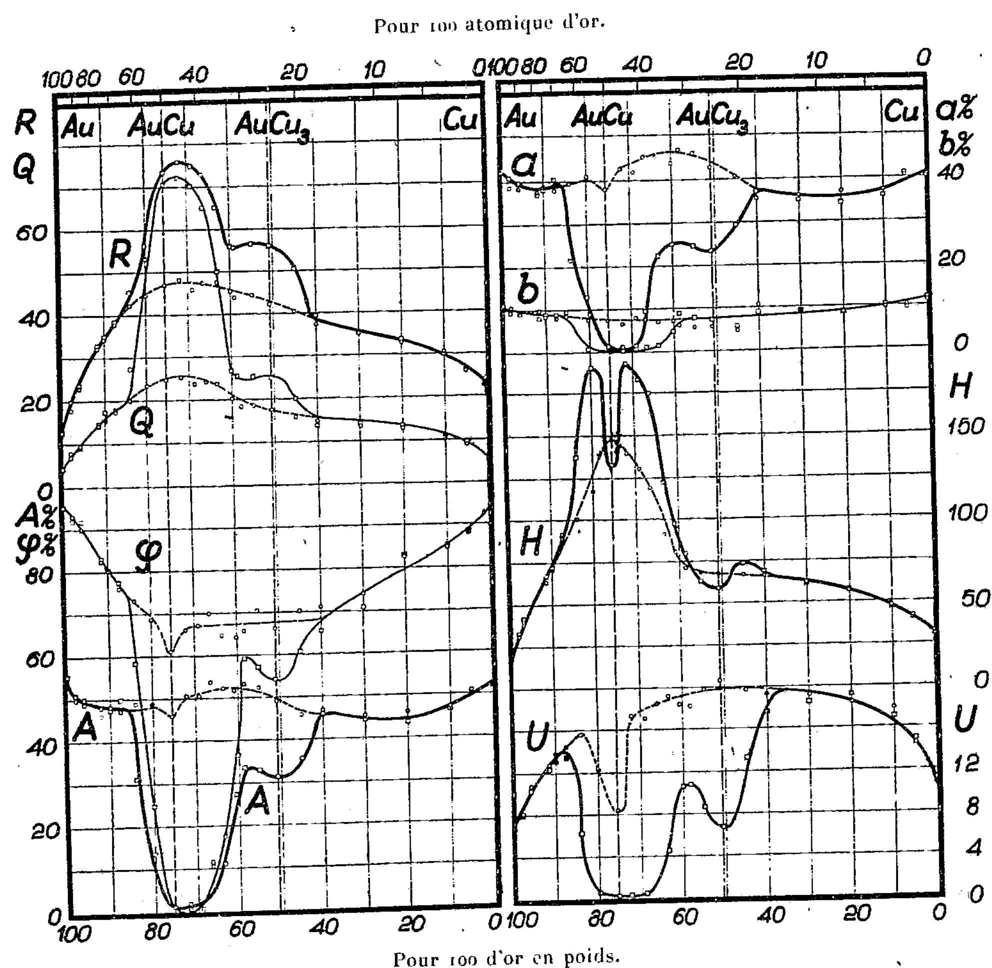
---

(1) Séance du 29 janvier 1934.

(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 38; **194**, 1932, p. 973 et 2047; **196**, 1933, p. 174.

manifeste sur les propriétés mécaniques surtout entre 85 et 40 pour 100 d'or en poids.

La résistance à la traction R, la limite élastique Q et la dureté H se




R, résistance à la traction en kg/mm²; Q, limite élastique; φ, striction en pour 100; A, allongement total en pour 100 sur éprouvette internationale : $L = 10d$; $a$, allongement uniforme; $b$, allongement de striction $= A - a$; H, dureté Brinell; U, résilience en kgm/cm² sur petites éprouvettes françaises. Le trait continu correspond aux alliages recuits, l'interrompu aux trempés.

trouvent, en général, augmentées par le recuit des alliages sensibles à la formation des combinaisons.

La formation des combinaisons abaisse, par contre, la striction φ, les allongements A, $a$ et $b$, ainsi que la résilience U. Cet effet est particulièrement sensible entre 80 et 65 pour 100 d'or, dans le domaine du com-

posé AuCu. Bien moins importante est l'influence de la formation du composé AuCu.

Les nombres suivants, interpolés et arrondis suivant les diagrammes, se rapportent aux alliages contrôlés par l'État en France.

| Titre. | R. | Q. | A %. | $a$ %. | $b$ %. | $\varphi$ %. | H. | U. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 920 | 33 | 14 | 48 | 38 | 10 | 83 | 66 | 12 |
| 900 | 35 | 16 | 48 | 39 | 9 | 81 | 72 | 14 |
| 840 recuit | 46 | 27 | 31 | 23 | 8 | 58 | 138 | 6 |
| 840 trempé | 43 | 21 | 48 | 40 | 8 | 73 | 102 | 15 |
| 750 recuit | 74 | 71 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 | 134 | 0,5 |
| 750 trempé | 48 | 26 | 46 | 38 | 8 | 62 | 149 | 8 |
| 583 recuit | 56 | 25 | 33 | 25 | 8 | 59 | 80 | 11 |
| 583 trempé | 46 | 20 | 53 | 46 | 7 | 67 | 72 | 18 |

Les titres 920 et 900 se montrent parfaits en ce qui concerne leurs propriétés mécaniques. Pour le titre 840, pourvu encore de bonnes qualités mécaniques, la transformation au recuit commence à se manifester défavorablement, de sorte qu'à ce point de vue, une élévation du titre à 850 serait avantageuse. L'alliage au titre 750 est certainement le moins bon de tous ceux que l'or forme avec le cuivre et l'on ne voit pas l'intérêt que l'État trouverait en l'imposant à l'industrie. Le titre 583 (14 carats), autorisé en France pour l'exportation, apparaît satisfaisant par ses propriétés mécaniques, mais trahit, par une teinte rougeâtre, sa faible teneur en or.

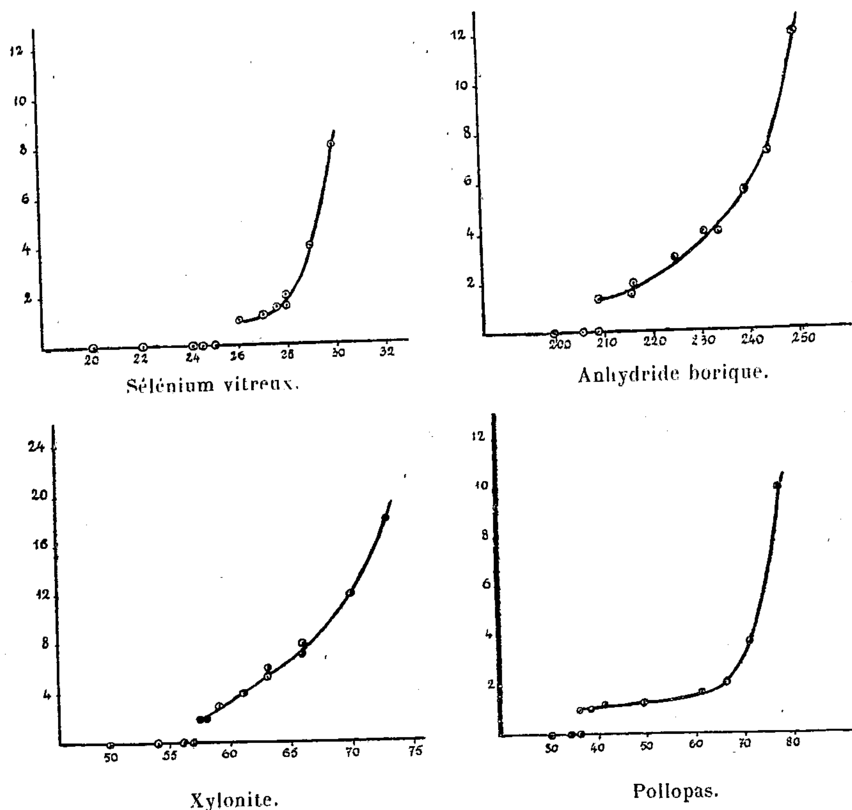
PHYSICOCHIMIE. — *Étude du ramollissement des corps vitreux.* Note de M. **Édouard Rencker**, présentée par M. Urbain.

Un corps vitreux paraît se ramollir à la température où son coefficient de dilatation augmente brusquement [1]. Il m'a semblé intéressant d'étudier par un procédé très sensible le mécanisme du ramollissement des verres. Dans ce but, j'ai mesuré la vitesse de pénétration d'une aiguille à température constante sous l'action d'un ressort. L'indice de plasticité ainsi obtenu est une propriété physique qui serait peut-être intéressante à déterminer dans bien des cas (étude des alliages mous, des métaux au voisinage du point de fusion). Fournout a d'ailleurs employé une méthode analogue à propos de l'étain.

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 840.

(2) Fournout, *Diplôme d'études supérieures*, Paris, 1930; *Bull. Soc. chim.*, **47**, 1930, p. 672.

L'appareil utilisé est un dilatomètre à amplification optique modifié. Une petite plaque du corps à étudier est placée entre la pointe d'une fine aiguille d'acier et le poussoir en silice du dilatomètre. La force du ressort de rappel suffit à maintenir en équilibre la plaque et c'est également sous l'action de cette force que pénètre l'aiguille. En opérant à température constante, la dilatation se trouve éliminée. On observe la pénétration de l'aiguille à l'aide de l'amplificateur optique du dilatomètre. Pour les




Les températures sont portées en abscisses, les ordonnées représentent, multipliées par 300, les vitesses de pénétration de l'aiguille en millimètres à l'heure.

différentes mesures, le rapport d'amplification était égal à trois cent; les expériences pouvant durer plusieurs heures, l'appareil est un enregistreur très sensible de la plasticité. Les températures, mesurées à l'aide d'un couple thermo-électrique, chromel-alumel, placé à côté de l'échantillon, étaient déterminées avec une précision de l'ordre du degré.

Les expériences ont porté sur le sélénium vitreux, sur un échantillon d'anhydride borique et sur des verres organiques industriels. Ces corps ont été choisis, pour des raisons d'appareillage, parce que le phénomène se

produit à des températures peu élevées. La pénétration apparaît à partir d'une *température de ramollissement* qui peut être définie à un degré près. Cette température n'a une valeur que pour des échantillons étudiés. Les verres organiques sont des produits industriels obtenus, le pollopas par polymérisation d'urée, la xylonite par dissolution de nitrocellulose; leurs propriétés ne sont pas rigoureusement constantes, elles varient d'un échantillon à l'autre et pour un même échantillon avec le temps. La température de ramollissement est inférieure dans tous les cas de quelques degrés à celle où le coefficient de dilatation augmente brusquement; ce faible écart dépend vraisemblablement des méthodes de mesure. Il faut remarquer en effet que la température où le coefficient de dilatation augmente brusquement est déterminée par une méthode dynamique qui introduit un retard. De plus, dans cette mesure, la température est indiquée par un couple thermoélectrique qui est toujours en avance sur l'échantillon en raison de sa faible capacité calorifique.

Les courbes ci-contre indiquent les variations de l'indice de plasticité en fonction de la température. Ces courbes ne semblent pas se raccorder à l'axe des températures. Ce phénomène est particulièrement net dans le cas du pollopas et dans celui de l'anhydride borique.

Il y a donc au point de ramollissement une discontinuité de l'indice de plasticité. En ce point, la fluidité du verre, l'inverse de sa viscosité, passe brusquement de zéro ou tout au moins d'une valeur extrêmement faible à une valeur mesurable. Il y a à ce point de vue une analogie entre le point de ramollissement des corps vitreux et le point de fusion des corps cristallisés. Cette analogie n'est d'ailleurs pas la seule.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Adsorption et catalyse sur l'alumine.* Note de M. **Guichard**, présentée par M. G. Urbain.

La transformation catalytique de l'alcool éthylique en éther et eau sur l'alumine, au-dessous de 250°, est bien connue ([1]), mais son mécanisme est encore fort obscur. Nos connaissances dans le domaine de la catalyse hétérogène ne peuvent progresser que par l'étude des phénomènes indépendants dont la somme règle la vitesse de la réaction.

---

([1]) Senderens, *Ann. Ch. Ph.*, 25, 1912, p. 449.

Ayant étudié autrefois les relations de l'eau avec l'alumine (1), j'ai voulu faire des mesures analogues avec les vapeurs d'alcool ou d'éther et l'alumine.

L'alumine utilisée, préparée par l'action de l'acide chlorhydrique sur l'aluminate de soude, à froid, a été lavée jusqu'à ce qu'elle ne contienne plus que des traces de chlore, puis séchée à 500°.

On l'a placée successivement dans la vapeur d'eau, dans la vapeur d'alcool séché à la chaux puis dans la vapeur d'éther séché sur du sodium. A l'aide de l'appareil que j'ai déjà décrit (2), l'alumine, en l'absence d'air, et portée à une température déterminée, est soumise à des pressions variées de la vapeur, ce qui donne une courbe isotherme; ou bien la pression de vapeur étant fixée, on fait varier la température de l'alumine, d'où résulte une courbe isobare.

On s'assure que chaque point des courbes correspond bien à un état d'équilibre.

La fixation des vapeurs d'alcool ou d'éther se montre exactement réversible pourvu que l'on ne dépasse pas 200°, afin que ces vapeurs ne subissent pas de destruction. D'autre part, la fixation de l'alcool ou de l'éther donne comme l'eau, sur l'alumine préparée comme je l'ai dit, des équilibres bivariants, comme les équilibres d'adsorption.

Le diagramme ci-contre donne des courbes isobares.

D'autres mesures, faites à tension variable, montrent que, sur le diagramme ci-contre, la courbe de l'eau se déplacerait très légèrement vers la droite et celle de l'éther très sensiblement vers la gauche, dans le cas où l'on ferait les adsorptions de ces deux vapeurs sous des tensions égales à la moitié de celle de l'alcool.

En extrapolant légèrement les courbes vers le haut, on atteint 240°, température habituelle de la catalyse déshydratante de l'alcool.

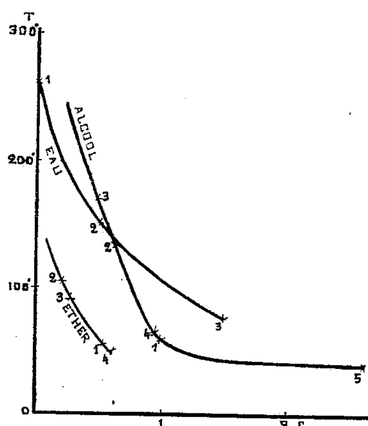
On voit de suite que, sur l'alumine employée, l'adsorption de l'éther et celle de l'eau sont pratiquement nulles à la température de catalyse, et cela, même lorsque l'alcool est à moitié transformé, ce qui donne à l'eau et à l'éther des tensions égales à la moitié de celle de l'alcool.

Notons que le classement des valeurs d'adsorption serait le même sur une autre alumine, même moins calcinée; et admettons, au moins provisoirement, que les adsorptions simultanées de ces vapeurs se produisent

(1) Guichard, *Bull. Soc. chim.*, **39**, 1926, p. 190.
(2) Guichard, *Bull. Soc. chim.*, **31**, 1922, p. 552.

comme les adsorptions individuelles ainsi qu'on l'observe sur d'autres systèmes.

Une opinion très répandue est que l'alumine agit sur l'alcool à cause de son aptitude à fixer temporairement l'eau formée; plus généralement, on pense parfois que si des molécules M arrivent sur un catalyseur, celui-ci favorise la formation des molécules M' qu'il adsorbe le plus fortement. Mais la proposition contraire explique aussi bien le phènomène. L'adsorption des substances M' résultantes ne paraît pas indispensable pour déterminer la



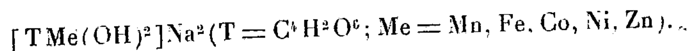

Isobares d'adsorption de vapeurs d'eau, d'alcool, d'éther sur l'alumine. — C, millimolécules/gr. de vapeur sur 1g d'alumine. T = températures. Pressions des vapeurs : eau 26mm; alcool 78mm,5; éther 635mm. Les numéros sur les courbes indiquent l'ordre dans lequel les points ont été déterminés.

réaction et cette adsorption a sûrement l'inconvénient d'encombrer la surface du catalyseur.

Nous gardant de généraliser à d'autres systèmes, concluons qu'à la température de catalyse, les vapeurs d'alcool, d'éther, d'eau ne peuvent s'unir à l'alumine que suivant des mécanismes bivariants, d'adsorption, et que, durant plus de la moitié de la réaction de déshydratation de l'alcool, les molécules d'alcool sont plus fortement adsorbées que les autres, ce qui crée une circonstance favorable à l'accélération de cette réaction par l'alumine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Hydrolyse de quelques métallotartrates alcalins.* Note (¹) de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une récente Communication (²) j'ai étudié la formation et l'isolement d'une série de métallotartrates alcalins du type



$$[TMe(OH)^2]Na^2 (T = C^4H^2O^6;\ Me = Mn, Fe, Co, Ni, Zn).$$

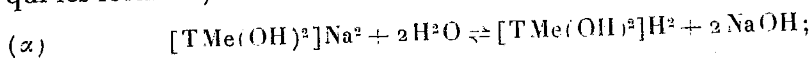
En solution aqueuse, ces complexes subissent des transformations que je me propose d'étudier ici.

Si l'on mesure les variations de pH de solution des tartrates simples de ces métaux $[TMe(OH^2)^2]$ (concentration 0,13 M) à mesure qu'on leur ajoute de la soude, la courbe $pH = f(NaOH)$ est assez analogue à une courbe de saturation. Sa pente est d'abord faible, puis devient rapide dans une partie de la courbe qui admet une tangente d'inflexion, et s'atténue de nouveau. L'accroissement rapide de l'alcalinité ne se produit ni pour la proportion de 1 molécule de NaOH pour 1 molécule de tartrate qui correspond à la formation des composés $[TMe(OH)^2]Me$, ni pour la proportion 2NaOH pour laquelle se forment les composés $[TMe(OH)^2]Na^2$, mais pour la proportion 1,2 à 1,5 NaOH. Pour 2NaOH la courbe a déjà atteint son palier final et le pH est compris entre 11 et 12 : on en conclut que les métallotartrates sont hydrolysés.

Les solutions aqueuses des composés cristallisés $[TMe(OH)^2]Na^2$ sont en effet alcalines à la phénolphtaléine. Si on les dilue suffisamment, on voit dans tous les cas apparaître un précipité.

Le composé $[TZn(OH)^2]Na^2$ n'est stable qu'en solutions concentrées (1 mol/lit). L'addition d'eau produit un précipité d'abord amorphe, puis rapidement cristallin, formé de $Zn(OH)^2$ pur. Ainsi ce complexe est très peu stable en solution.

Dans le cas des composés de Mn, Fe, Co, une plus forte dilution est nécessaire pour faire apparaître un précipité. L'analyse montre qu'il est constitué par le tartrate basique $[TMe(OH)^2]Me$. L'hydrolyse de ces métallotartrates ne donne donc pas seulement naissance à la base et à l'acide qui les forment, selon le schéma :



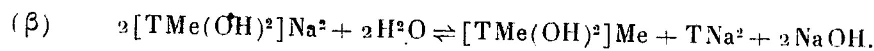
$$(\alpha) \qquad [TMe(OH)^2]Na^2 + 2H^2O \rightleftharpoons [TMe(OH)^2]H^2 + 2NaOH;$$

mais si l'on veut tenir compte de la formation du tartrate basique, on est

(¹) Séance du 29 janvier 1934.

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 251.

conduit à écrire la réaction d'hydrolyse sous la forme



$$(\beta) \qquad 2[TMe(OH)^2]Na^2 + 2H^2O \rightleftharpoons [TMe(OH)^2]Me + TNa^2 + 2NaOH.$$

Ce mécanisme d'hydrolyse entraîne quelques conséquences vérifiables. On voit que la formation du métallotartrate doit être favorisée par l'addition de NaOH et de $TNa^2$. Pour ce qui est de la soude, on sait en effet qu'une certaine quantité est nécessaire à la formation des métallotartrates. L'action du tartrate de sodium est montrée d'abord par le fait que sa présence rend plus difficile la précipitation du tartrate basique par dilution. L'étude du dichroïsme circulaire dans le cas du composé de Co permet de confirmer cette action : le composé $[TCo(OH)^2]Co$ possède dans le vert un dichroïsme circulaire supérieur à celui de $[TCo(OH)^2]Na^2$ ; $TNa^2$ n'est pas dichroïque dans cette région du spectre. L'addition de $TNa^2$ à une solution de $[TCo(OH)^2]Na^2$ doit donc, si elle fait reculer l'hydrolyse, produire une diminution du dichroïsme circulaire $\delta$ de cette solution. C'est ce que l'expérience confirme.

*Exemple : Série de mélanges contenant tous dans* $10^{cm^3}$ : $2^{cm^3}[TCo(OH)^2]Na^2$ 0,295 M, $n^{cm^3}TNa^2$ 1 M *et* $(8-n)^{cm^3}H^2O$ :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n$ .............. | 0. | 0,5 | 1. | 2. | 3. | 5. | 8. |
| $\delta_{546}$ .......... | 1°,76 | 1,67 | 1,58 | 1,48 | 1,44 | 1,40 | 1,39 |

L'action qualitative de NaOH et de $TNa^2$ sur l'équilibre d'hydrolyse représenté par l'équation (β) est ainsi démontrée. Mais cette équation peut être soumise à une vérification quantitative. En effet, dans une solution aqueuse de $[TMe(OH)^2]Na^2$ pur et dont la concentration moléculaire est $c$, il se forme d'après (β) : $a$ molécules de NaOH, $a/2$ molécules de $TNa^2$ et $a/2$ molécules de $[TMe(OH)^2]Me$. L'équilibre (β) s'exprime par la relation

$$\frac{a^3}{2(c-a)^2} = K_2 \quad (^1).$$

Au contraire, si l'hydrolyse se produisait suivant l'équation (α), c'est l'expression $a^3/(c-a) = K_1$ qui devrait être constante.

(1) Cette expression, qui résulte de l'application de la loi d'action des masses, ne fait naturellement pas intervenir la concentration $a/2$ du composé $[TMe(OH)^2]Me$ peu soluble dans l'eau et dont la concentration en solution doit être constante en présence d'une quantité quelconque de corps de fond. Les solutions étudiées plus bas contenaient toutes une phase solide de $[TMe(OH)^2]Me$.

Les mesures ont été faites sur le composé $[TCo(OH)^2]Na^2$. On mesure $c$ par pesée, et la concentration $a$ des ions $OH^-$ libérés par hydrolyse au moyen d'une électrode d'hydrogène (1). Les résultats combinés de deux séries de mesures à $20° \pm 1°C$ sont rapportés dans le tableau suivant :

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c \times 10^2$. | 3,96 | 3,76 | 2,96 | 2,66 | 2,06 | 1,485 | 1,28 | 0,932 | 0,763 | 0,598 | 0,333 |
| $a \times 10^3$. | 4,3 | 2,85 | 3,2 | 2,8 | 2,2 | 1,6 | 1,45 | 1,3 | 1,15 | 0,80 | 0,55 |
| $K_1 \times 10^7$. | 22,5 | 6,3 | 12,4 | 9,1 | 5,8 | 3,1 | 2,7 | 2,75 | 2,35 | 0,98 | 0,60 |
| $K_2 \times 10^5$. | 3,1 | 0,94 | 2,34 | 1,93 | 3,1 | 1,16 | 1,18 | 1,70 | 1,80 | 0,97 | 1,05 |

Les valeurs de $K_2$ sont relativement constantes (2), alors que $K_1$ varie beaucoup et systématiquement. L'équation ($\beta$) représente donc convenablement le mécanisme de l'hydrolyse des composés de Mn, Fe, Co.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques propriétés d'un cupro-nickel au glucinium.* Note de M. **Marcel Ballay**, présentée par M. Léon Guillet.

Masing et Pocher (3) ont signalé le durcissement des cupro-nickels au glucinium préalablement trempés, lorsqu'on les réchauffe entre 300 et 600°.

J'ai étudié les conditions dans lesquelles se produit le durcissement et cherché à préciser l'influence de l'écrouissage sur le vieillissement de l'alliage trempé, de même que l'influence du durcissement sur la résistauce à la corrosion.

L'alliage étudié avait comme composition :

Ni = 67,52, Cu = 29,94, Gl = 1,14, Fe = 0,62, Mn = 0,25, Mg = 0,07.

Coulé en coquille il fut laminé à froid après trempe à l'eau à 1075°. La réduction de section après la dernière trempe fut d'environ 20 pour 100.

Le durcissement par recuit a été suivi, notamment, en mesurant la dureté à la bille (pression $500^{kg}$, diamètre de bille $5^{mm}$) :

(1) On mesure en réalité l'*activité* des ions $OH^-$. Faute de données suffisantes, je n'ai pas tenu compte du coefficient d'activité $\gamma$ de ces ions dans le calcul de K. Dans ses mesures électrométriques sur l'hydrolyse de $CrCl^3$, Bjerrum admet, pour $c = 2,17.10^{-2}$, $\gamma = 0,93$ pour les ions $H^+$ (*Zeits. für Phys. Chemie*, 59, 1907, p. 341).

(2) En admettant que le pH soit connu à 0,02 près, on voit aisément que l'erreur relative sur $K_2$ peut dépasser 15 pour 100.

(3) *Wissensch. Veröffentl. aus dem Siemens-Konzern*, 11, 1932, p. 95-98.

*a.* sur l'alliage trempé à l'eau après chauffage à 1025° pendant 15 minutes, non écroui;

*b.* sur l'alliage trempé comme ci-dessus, puis écroui par un allongement de traction de 20 pour 100;

*c.* sur l'alliage trempé et écroui par laminage.

Les chauffages se sont échelonnés entre 100 et 900°, les mêmes éprouvettes subissant successivement les chauffages à températures croissantes. Les principaux résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU I.

| | Dureté Brinell. | | |
|---|---|---|---|
| | Trempé non écroui. | Trempé puis écroui par traction (allongement 20 °/₀). | Trempé puis écroui par laminage. |
| Non chauffé | 154 | 250 | 269 |
| Chauffé 100 heures à 100° | 154 | 253 | 263 |
| » 200° | 188 | 259 | 267 |
| Chauffé 30 minutes à 300° | 204 | 269 | 275 |
| Chauffé 3 heures à 300° | 235 | 277 | 289 |
| » 400° | 334 | 371 | 374 |
| » 500° | 392 | 427 | 420 |
| » 550° | 353 | 401 | 416 |
| » 600° | 301 | 311 | 342 |
| » 750° | 217 | 217 | 217 |

100 heures de chauffage à 100° ne modifient pas la dureté de l'alliage trempé, écroui ou non. Un chauffage à 200° pendant 100 heures élève nettement la dureté de l'alliage non écroui, mais ne modifie pas celle des éprouvettes écrouies qui, à ce point de vue, apparaissent comme plus stables. Entre 200 et 300° la dureté s'élève beaucoup plus rapidement pour le cupronickel non écroui. Entre 300 et 500° les courbes dureté-température de chauffage sont sensiblement parallèles; les alliages écrouis restent plus durs jusque vers 650°. On peut remarquer aussi que l'effet des recuits est très sensiblement le même que l'alliage soit écroui par traction ou par laminage.

L'écrouissage rend donc l'alliage moins susceptible de durcir par chauffage entre 100 et 300°. On peut expliquer ce fait de deux manières différentes : *a.* l'écrouissage produirait en partie la précipitation du composé ou le regroupement atomique auquel on attribue le durcissement; *b.* l'écrouissage au contraire retarderait la précipitation et s'y opposerait aux basses températures. Il est difficile de préciser actuellement, mais la

deuxième hypothèse paraît mieux expliquer les faits si l'on considère qu'un allongement de 20 pour 100 produit sensiblement la même augmentation de dureté sur le cupro-nickel au glucinium considéré et sur un cupro-nickel au fer et au manganèse (métal Monel) de même teneur en nickel non susceptible de durcissement par réchauffage après trempe.

*Corrosion.* — Les pertes de poids ont été déterminées par corrosion dans des solutions normales d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique purs. Le tableau ci-dessous donne les pertes de poids en grammes par mètre carré et par heure pour des échantillons trempés et écrouis par laminage et sur ces échantillons chauffés à diverses températures, notamment à 550° pendant 30 minutes, condition donnant la dureté maximum.

TABLEAU II.

| | Dureté Brinell. | Perte de poids ($g/m^2$/heure) HClN (336 heures). | NO³HN (165 heures). |
|---|---|---|---|
| Trempé | 166 | 0,185 | 0,216 |
| Trempé, revenu 300°, 30 minutes | 234 | 0,185 | – |
| Trempé, revenu 550°, 30 minutes | 393 | 0,209 | 0,255 |
| Trempé et recuit 875°, 30 minutes, refroidissement lent | 220 | 0,205 | 0,209 |
| Trempé, écroui | 267 | 0,190 | 0,202 |
| Trempé, écroui et revenu 550°, 30 minutes | 433 | 0,193 | 0,211 |

Le durcissement par précipitation a donc peu d'influence sur la corrosion; il n'a pas été constaté de corrosion intergranulaire intense pour les échantillons au maximum de dureté bien que le microscope révèle une précipitation nette dans les joints des grains. L'alliage recuit à 875° et refroidi lentement contient un constituant uniformément dispersé alors que la trempe donne une solution solide homogène.

COLLOÏDES. — *Sur la nature des radio-colloïdes. Sur les solutions colloïdales données par le nitrate de bismuth.* Note [1] de M. **M. Haïssinsky**, présentée par M. G. Urbain.

On sait depuis les expériences de Paneth et de Godlewski (1913) que les solutions de certains radioéléments, notamment des isotopes de Pb, Bi

[1] Séance du 22 janvier 1934.

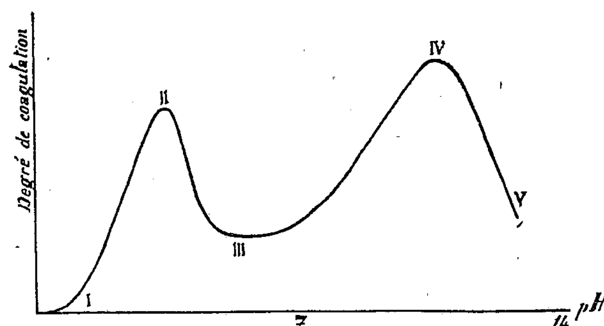
et Po, présentent dans des conditions déterminées de pH tous les caractères des solutions colloïdales et qu'il existe depuis lors une controverse sur la nature du phénomène : formation de vrais colloïdes ou adsorption par des impuretés. Récemment, O. Werner (1) a étudié par la méthode de centrifugation le degré de dispersion des solutions de ThB et ThC en présence d'acides et de divers sels. Ces résultats concernant les quantités de ThC centrifugeables, dans un temps déterminé, en fonction du pH sont représentés schématiquement par la figure qui présente, comme on le voit, deux maxima et un minimum. Un maximum a été trouvé également pour l'effet d'addition de ClNa (2). Werner interprète ses expériences en admettant la présence en solution *d'anions* de ThC adsorbés par des impuretés colloïdales invisibles et chargées positivement, et en faisant certaines autres hypothèses complémentaires. Je reviendrai ailleurs sur le bien-fondé de ces suppositions, mais j'ai pensé que de toute façon les faits très intéressants observés par Werner pour le ThC pourraient être mieux compris si l'on connaissait le comportement de quantités pondérables de son isotope Bi dans les mêmes conditions. J'ai procédé pour cela de la manière suivante :

180 à 200$^{mg}$ de nitrate de Bi cristallisé sont mis et écrasés dans 100$^{cm^3}$ d'eau bidistillée et filtrés à travers un filtre Durieux n° 111 (bande rouge). Le filtrat limpide obtenu contient environ 30$^{mg}$, de Bi (2,5 millimol/litre) et son pH est voisin de 2,5. On prépare à partir de ce filtrat, par addition de quantités convenables d'acide nitrique ou d'ammoniaque dilués et de $H^2O$, une série de solutions de pH différents, mais ayant chacune le même volume et contenant la même quantité de Bi. Au bout de 2 à 3 jours, ou même avant, les solutions deviennent plus ou moins opalescentes et l'on peut parfois observer déjà à l'œil nu que le degré d'opalescence suit (dans la région acide à laquelle j'ai limité mes expériences) une allure tout à fait analogue à celle que Werner a observée pour la centrifugation de ThC (voir figure), avec toutefois cette différence que le maximum et le minimum sont déplacés vers les pH plus faibles (respectivement 2,2 et 3,5). Plus généralement, ces variations sont difficilement perceptibles à l'œil mais elles sont mesurables par néphélométrie. On obtient le même résultat si l'on centrifuge les solutions, pendant une demi-heure ou une heure, en présence de ThC ou

(1) O. Werner, *Zeit. phys. Chem.*, A. 156, 1931, p. 89.
(2) Des résultats analogues ont été obtenus pour le polonium par A. Korvezee (*Journ. Chim. Phys.*, 30, 1933, p. 130).

de RaE, et l'on dose par des méthode radioactives les quantités déposées sur les parois des tubes et celles qui sont restées en solution.

On peut enfin étudier le phénomène d'une autre manière plus rapide : on ajoute aux solutions un nombre déterminé de gouttes d'une solution de ClNa 0,001 *m* en ayant soin que ce nombre soit à peine suffisant pour provoquer, dans les solutions de degré de dispersion maximum, une très




légère opalescence; on constate alors, après 1 ou 2 heures, que celle-ci croît d'abord avec le pH, passe par un maximum, décroît ensuite, etc.

Le filtrat initial et les solutions (pas trop acides), préparées à partir de celui-ci, précipitent également par addition d'autres électrolytes : chlorures de K, d'ammonium, de Ba et de Th, nitrates de Na, de K, d'Ag, de Pb, de La et de Th, sulfates de K et de Cu, acétates de Na et de Ba, $FeCy^6K^4$, etc. Avec les citrates alcalins il se forme un précipité qui disparaît presque aussitôt La concentration molaire minimum nécessaire pour faire apparaître, au bout de 3 à 5 minutes, une opalescence dans $10^{cm^3}$ du filtrat par addition de $1^{cm^3}$ d'une solution de ClNa est à peu près $10^{-3}$ *m*. Elle n'est pas très différente pour ClK et pour $Cl^2Ba$ et elle est environ deux fois plus faible pour $SO^4K^2$; l'action des nitrates, par contre, est beaucoup plus faible et plus lente. Pour des concentrations très grandes des chlorures alcalins ($\sim 4\,m$ pour ClNa) le précipité se redissout entièrement (formation de complexes bien connue). Les effets produits par les électrolytes correspondent également aux observations de Werner pour ThC, tout au moins pour ceux que nous avons examinés l'un et l'autre.

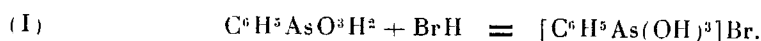
Les faits exposés indiquent nettement que le comportement de ThC trouvé par Werner est inhérent à la nature des composés du bismuth lui-même et que les impuretés éventuelles ne peuvent jouer qu'un rôle secondaire. Ce comportement, assez complexe à première vue, s'interprète, en

effet, si l'on se rappelle que l'hydroxyde de Bi (produit par hydrolyse de ses sels) forme des solutions colloïdales, dans lesquelles il est chargé positivement ([1]). Ceci explique l'action coagulante des électrolytes et l'influence prédominante de la nature des anions sur celle-ci. Mais l'acide nitrique, en concentration modérée, agit naturellement comme un électrolyte quelconque, ce qui explique la branche III-II de la courbe. On sait d'autre part que les ions $H^+$, en très faible concentration, exercent une action peptisante sur les colloïdes positifs; cette action est représentée par la branche III-IV. Enfin, les branches II-I et IV-V sont dues à la dissolution ionique de l'hydroxyde avec formation respective d'ions $Bi^{+++}$ et de bismuthate.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide bromhydrique sur l'acide phénylarsinique et l'acide p-aminophénylarsinique.* Note de M. **J. Prat**, présentée par M. G. Urbain.

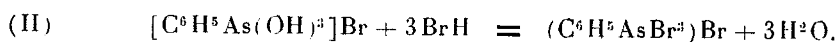
Benda ([2]) et Montagu Alexandra Phillips ([3]) ont signalé que le groupement $AsO^3H^2$ des acides arsiniques est remplacé par Br lorsqu'on chauffe ces acides à l'ébullition avec l'acide bromhydrique. Schuster ([4]) dans les mêmes conditions obtient du bromobenzène à partir de l'acide phénylarsinique et du bromhydrate de 4-bromaniline à partir de l'acide *p*-aminophénylarsinique. La réaction est en fait assez compliquée.

Avec l'acide phénylarsinique il y a d'abord formation de bromure de phényltrihydroxyarsonium analogue aux dérivés déjà signalés ([5])



(I) $$C^6H^5AsO^3H^2 + BrH = [C^6H^5As(OH)^3]Br.$$

L'acide bromhydrique en excès réagit sur ce bromure en remplaçant les oxhydriles par des Br



(II) $$[C^6H^5As(OH)^3]Br + 3BrH = (C^6H^5AsBr^3)Br + 3H^2O.$$

Bien que cette phényltétrabromarsine n'ait pas été isolée, il est normal d'envisager sa formation tout à fait analogue à celle de la tétraiodarsine

(1) W. Biltz, *Ber. deut. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 4434.
(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 53.
(3) *J. Chem. Soc.*, 135, 1932, p. 2400.
(4) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 611.
(5) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 489; 197, 1933, p. 67.

$IH^3N.C^6H^4AsI^4$ obtenue par réaction de IH sur $H^2N.C^6H^4AsO^3H^2$ (1). La tétrabromarsine formée subit alors les deux décompositions signalées par La Coste et Michaelis (2) pour la phényltétrachlorarsine.



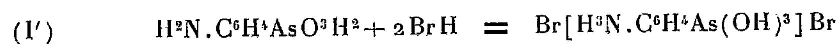
(III) $(C^6H^5AsBr^3)Br = C^6H^5AsBr^2 + Br^2,$



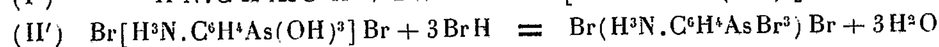
(IV) $(C^6H^5AsBr^3)Br = C^6H^5Br + AsBr^3.$

La phényldibromarsine, le bromobenzène, le tribromure d'arsenic ont été isolés, les vapeurs rouges du brome apparaissent pendant la réaction.

Avec l'acide *p*-aminophénylarsinique l'allure générale de la réaction est la même, à une réaction supplémentaire près,

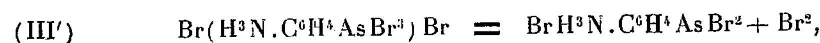


(I′) $H^2N.C^6H^4AsO^3H^2 + 2BrH = Br[H^3N.C^6H^4As(OH)^3]Br$

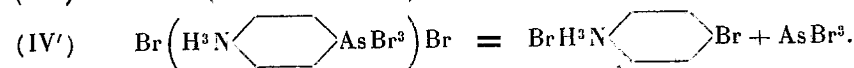


(II′) $Br[H^3N.C^6H^4As(OH)^3]Br + 3BrH = Br(H^3N.C^6H^4AsBr^3)Br + 3H^2O$

(à rapprocher de la formation de $IH^3N.C^6H^4AsI^4$, *loc. cit.*)



(III′) $Br(H^3N.C^6H^4AsBr^3)Br = BrH^3N.C^6H^4AsBr^2 + Br^2,$



(IV′) $Br\left(H^3N\langle\;\rangle AsBr^3\right)Br = BrH^3N\langle\;\rangle Br + AsBr^3.$

Le bromure libéré par la réaction (III′) réagit alors sur le bromhydrate de 4-bromaniline pour donner le bromhydrate de 2.4-dibromaniline

Le dibromure d'acide arsanilique a été isolé impur, l'existence du bromhydrate de *p*-aminophényldibromarsine a été démontrée, les bromhydrates de 4-bromaniline et 2.4-dibromaniline ainsi que $AsBr^3$ ont été isolés.

*Acide phénylarsinique.* — 50g de cet acide sont introduits dans un ballon traversé par un courant de BrH gazeux. Il se produit une forte coloration rouge, l'acide phénylarsinique disparaît peu à peu et fait place à un liquide en deux couches. Après séchage sur $SO^4Na^2$ la couche inférieure est fractionnée. On obtient trois fractions :

*a.* Entre 62-65° sous 25-30mm, cette fraction est du bromobenzène identifié par son point d'ébullition, $Eb_{760}$ 154° et par son pour 100 de Br : trouvé, 51,4; calculé, 51 pour 100;

*b.* Entre 105-115° sous 20-25mm, cette fraction cristallise dans le réfrigérant. C'est du tribromure d'arsenic qui a été identifié par son P. F. 31°, son pour 100 de Br : trouvé, 76,5; calculé, 76,2 pour 100; et son pour 100 d'As : trouvé, 24 pour 100; calculé, 23,8 pour 100;

*c.* A 149° sous 18mm, phényldibromarsine identifiée par son pour 100 d'As : trouvé,

---

(1) Patta et Caccia, *Estr. dal. boll. soc. med. chir. di Pavia*, 1911; *Arch. far sper.*, 12, 1912, p. 546.

(2) La Coste et Michaelis, *Ann. der Chemie*, 201, 1880, p. 198.

24,05 pour 100; calculé 24 pour 100; et son pour 100 de Br : trouvé, 52 pour 100; calculé, 51,3 pour 100.

La couche supérieure acqueuse bromhydrique contenait de l'acide phénylarsinique non attaqué.

*Acide p-aminophénylarsinique.* — 30g de cet acide sont triturés avec 60cm³ d'acide bromhydrique $d = 1,76$ à la température du laboratoire. Au début, tout se prend en masse, puis il se forme une gomme qui se rassemble et se sépare de BrH. Après un jour de repos, cette gomme, devenue granuleuse, est écrasée, puis la poudre formée filtrée et séchée au dessiccateur. Par lavage au benzène on extrait $AsBr^3$. Le reste, dissous au bain-marie dans 100cm³ d'eau, est additionné d'une solution de $CO^3Na^2$, qui précipite les amines et le *p*-aminophénylarsenoxyde. Il se forme une huile que l'on décante. Au refroidissement, cette huile durcit et forme une gomme. On extrait la partie aqueuse à l'éther et lave soigneusement la gomme dans l'éther. L'éther contient la 2.4-dibromaniline et la 4-bromaniline que l'on sépare par dissolution du mélange dans peu d'alcool et précipitations fractionnées par addition d'eau. La 2.4-dibromaniline précipite d'abord. Le reste, entraîné à la vapeur, donne en premier lieu la 4-bromaniline, puis vers la fin de l'entraînement, le peu de 2.4-dibromaniline restant. Ces amines ont été identifiées par leur point de fusion, le point de fusion de leur anilide acétique et le dosage de Br.

La gomme brune, dissoute dans la soude *n* et additionnée de ClH conc. donne, au bout de 24 heures, des cristaux de chlorhydrate de *p*-aminophényldichlorarsine. Ces cristaux sont purifiés par une deuxième dissolution dans la soude diluée, puis reprécipitation par ClH conc. à l'état de $ClH^3N.C^6H^4AsCl^2$ qui est identifié par dosage d'As; trouvé, 27,1 pour 100; calculé, 27,25 pour 100 et dosage de Br à la chaux; trouvé, 39,05 pour 100; calculé, 38,7 pour 100.

Alors que la décomposition de la phényltétrabromarsine se fait principalement suivant l'équation (III) avec formation prépondérante de phényldibromarsine, il est à noter que la décomposition du bromhydrate de *p*-aminophényltétrabromarsine se fait surtout suivant l'équation (IV′), le bromhydrate de *p*-aminophényldibromarsine se trouvant en très petite quantité dans les produits de la réaction.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude expérimentale sur la modification du faciès des cristaux qui prennent naissance dans une solution contenant certaines matières étrangères.* Note (1) de M. L. **Royer**.

Dans une Note précédente (2) j'ai précisé quelles étaient les relations de structure qui doivent exister entre le cristal d'un corps A et le cristal d'un corps B pour que B dissous dans une solution de A soit susceptible de

(1) Séance du 22 janvier 1934.

(2) L. Royer, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 185.

modifier le faciès des cristaux abandonnés par cette solution. Ces relations sont identiques à celles qui sont nécessaires pour réaliser l'épitaxie dipériodique. C'est ce que mettent en évidence les exemples ci-dessous.

1. Le chlorure de cadmium $CdCl^2$ est rhomboédrique; sa maille plane élémentaire dans le plan $a^1(111)$ est définie par un losange de coté 3,85 Å. Ce plan $a^1(111)$ ne renferme qu'une sorte d'ions, soit des ions Cl, soit des ions Cd.

Le chlorure de sodium NaCl est cubique; la plus petite maille du plan $a^1(111)$ est constituée par un losange de côté 3,97 Å. Le plan $a^1(111)$ ne contient que des ions d'un seul signe.

D'après ces données, il est évident que $CdCl^2$ est susceptible de donner un accolement régulier sur la face $a^1(111)$ de NaCl et sur cette face seulement.

Par conséquent, on doit s'attendre à ce que $CdCl^2$ dissous dans une solution de NaCl dans l'eau fasse paraître sur les cristaux de NaCl les faces de $a^1(111)$.

C'est bien ce qui a lieu. En solution dans l'eau pure NaCl cristallise en forme de cubes; dans une solution additionnée de $CdCl^2$ les cristaux de NaCl qui se précipitent ne montrent que la forme $a^1(111)$.

Les conditions sont identiquement les mêmes avec $ZnCl^2$ et $MnCl^2$; ces deux corps ont même symétrie que CdCl avec des paramètres de 3,77 Å et 3,70 Å dans le plan $a^1(111)$.

Par contre on constate que $CdCl^2$, $ZnCl^2$ et $MnCl^2$ sont sans action aucune sur KCl.

On saisit de suite à quoi cela est dû : le paramètre du plan $a^1(111)$ de KCl est de 4,43 Å. Cette valeur est trop différente de celles de 3,85 Å ($CdCl^2$), 3,77 Å ($ZnCl^2$) et 3,70 Å ($MnCl^2$). Il n'y a plus d'accolement orienté de $CdCl^2$, $ZnCl^2$ et $MnCl^2$ sur la face $a^1(111)$ de KCl et de même ces trois chlorures bien que présents dans la solution de KCl ne modifient pas le faciès des cristaux de KCl.

2. Le plan $a^1(111)$ de $NaNO^3$ rhomboédrique est quasi identique en forme et en dimensions au plan $a^1(111)$ des halogénures alcalins cubiques $NH^4I$, KI et KBr. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle aussi bien $NaNO^3$ que $NH^4I$, KI et KBr donnent un accolement régulier sur le plan de clivage du mica. Les paramètres dans les plans $a^1(111)$ de ces différents corps sont 5,07 Å ($NaNO^3$); 5,09 Å ($NH^4I$); 4,97 Å (KI) et 4,70 Å (KBr).

Étant données ces conditions, il y a tout lieu de s'attendre à ce que $NaNO^3$,

si les conditions expérimentales le permettent, modifie le faciès des cristaux de ces halogénures alcalins.

C'est bien ce qui a lieu.

Les faits sont particulièrement frappants avec $NaNO^3$ et $NH^4I$.

$NaNO^3$ cristallise à partir d'une solution dans l'eau pure en cristaux montrant une forme unique : le rhomboèdre $p(100)$; $NH^4I$ se dépose à partir d'une solution dans l'eau pure en formes de cube $p(100)$.

Si l'on prend par contre une solution contenant à la fois $NaNO^3$ et $NH^4I$ on observe qu'au début au moins les cristaux de $NH^4I$ sont limités par les faces de l'octaèdre $a^1(111)$ seules, plus tard ils montrent la combinaison de $a^1(111)$ avec $p(100)$. Mais ce n'est pas tout; les cristaux de $NaNO^3$ qui se déposent de cette même solution ont également changé de faciès : ils présentent la combinaison du rhomboèdre $p(100)$ avec la base $a^1(111)$.

Donc la présence de $NaNO^3$ fait paraître la face $a^1(111)$ sur les cristaux de $NH^4I$ et réciproquement la présence de $NH^4I$ dans la solution fait paraître la face $a^1(111)$ sur les rhomboèdres de $NaNO^3$.

Les conditions sont analogues avec $NaNO^3$ et KI.

Avec KBr le phénomène est bien moins accentué. Presque tous les cristaux de $NaNO^3$ ne montrent plus que le rhomboèdre $p(100)$ et ce n'est qu'exceptionnellement que l'on voit encore paraître une face $a^1(111)$ de faible étendue. De même les cristaux de KBr ne sont plus uniquement octaédriques, ils présentent la combinaison de (100) avec (111), cette dernière forme souvent peu développée. D'ailleurs une notable partie du nitrate de sodium dissoute dans la solution de KBr se précipite sous forme de $KNO^3$.

En comparant les résultats obtenus avec les séries $NaNO^3$ — $NH^4I$, $NaNO^3$ — KI et $NaNO^3$ — BKr on constate que l'importance relative du développement des faces $a^1(111)$ dans les cristaux des deux constituants va en décroissant quand on passe de $NH^4I$ à KI à KBr.

Cela montre que l'action mutuelle de $NaNO^3$ et de l'halogénure alcalin est d'autant plus marquée que la quasi-identité entre les plans $a^1(111)$ de $NaNO^3$ et $a^1(111)$ de l'halogénure alcalin est plus complète.

Pour la série KCL — $NaNO^3$ on ne peut conclure du fait qu'une solution contenant à la fois KCL et $NaNO^3$ abandonne les cristaux de $KNO^3$ et de NaCl.

Enfin $NaNO^3$ est sans action aucune sur le faciès des cristaux de NaCl qui cristallisent à partir d'une solution de NaCl additionnée de $NaNO^3$; les dimensions des mailles dans les deux espèces sont trop différentes.

GÉOLOGIE. — *Les Récifs en coupole des calcaires cambriens de la région de Carteret (Manche).* Note de M. **H. Derville**, présentée par M. L. Cayeux.

Des formations récifales en forme de coupoles surbaissées dont certaines peuvent atteindre jusqu'à $1^m,20$ de diamètre viennent à l'affleurement sur la plage de Barnéville (1). Des fragments de ces récifs, déchaussés et roulés par la mer, se retrouvent dans le cordon littoral de Saint-Georges-des-Rivières et dans celui de Carteret.

Ces récifs s'alignent, en place, dans un même banc calcaire; la masse organique est rubanée à la base et faiblement ondulée. Une sédimentation détritique plus ou moins accentuée souligne le rubanement. Puis, le mouvement s'accentue : des mamelons surgissent, pointent, s'exagèrent en digitations ou colonnes verticales qui affectent la forme de bouffées de pipe. Fines ou trapues, simples ou complexes, ces colonnes peuvent s'amenuiser par bourgeonnement ou, au contraire, s'élargir par confluence en une masse unique de deux ou trois colonnes voisines. La structure est nettement lamellaire, souvent accentuée encore par de petits épisodes détritiques qui, sur la roche altérée, ressortent sous forme de fins liserés jaunâtres.

La texture, souvent mal conservée et plus ou moins complètement recristallisée (2), se résout en plages granuleuses sombres sur le fond desquelles se détachent en blanc de petits boyaux rectilignes et des vermiculures en accent circonflexe; ces vermiculures sont isolées ou associées en un vague réticulum. Ces taches blanches irrégulières sont des tronçons de filaments cellulaires à leur passage dans le plan de la coupe. Des plages blanches hyalines et d'aspect dépoli, d'où toute texture organique a disparu, recoupent irrégulièrement les plages granuleuses. Aucune orientation particulière des filaments cellulaires ne s'observe dans les portions rubanées. Dans les parties montantes au contraire, on observe une diffé-

---

(1) A. Bigot, *Bull. Soc. linn. de Normandie*, 7e série, 8, 1925, p. 130 à 144, pl. VI, VII, VIII.

(2) Je dois à M. Bigot un abondant matériel qu'il m'a communiqué en vue de cette étude et à M. P. Corsin des lames minces où la texture de l'organisme est dans un état de conservation exceptionnellement favorable.

rence très marquée entre les zones superficielles du tissu organique et ses zones profondes. La zone superficielle est très dense, les tubes y sont dressés et presque verticaux, entassés les uns sur les autres. C'est dans la partie profonde de cette zone superficielle que les filaments se multiplient, les branches issues de la division s'écartent, s'inclinent et vont constituer des lignes structurées à disposition arquée et à convexité supérieure en qui se résume la texture des parties profondes du tissu organique.

Qu'il s'agisse des portions rubanées ou des portions montantes, la texture du récif en coupole est tubulaire ou, si l'on veut, filamenteuse, les filaments dépourvus de cloisons transversales ressortissent du groupe des Siphonées.

Par leur aspect extérieur d'ensemble et leur structure lamellaire, les récifs en coupole rappellent, d'une part, certaines formations énigmatiques des terrains paléozoïques : les *Collenia* de l'Algonkien d'Amérique (Montana) et certaines formes columnaires du type *Gymnosolen*; d'autre part, certains dépôts éocènes lacustres de la Formation de Green River (Utah) édifiés par une algue coloniale *Chlorellopsis coloniata Reis* (¹). Mais aucune parenté sérieuse ne peut être établie avec les premières, basée sur le seul aspect extérieur indépendamment de toute microtexture; quant à *Chlorellopsis*, c'est une algue unicellulaire et de forme sphérique bien caractérisée à laquelle on ne peut rapporter aucun des détails de texture observés chez l'organisme de Carteret.

Je rapprocherai l'organisme normand des « Gra'mères » du Boulonnais, petits récifs édifiés par une algue siphonée (*Stylocodium rhopaloides*) et, pour lui conserver le nom de *récif en coupole* avec lequel on est déjà familiarisé, je le nommerai *Stylocodium cameratum* (²). Chez l'un comme chez l'autre, en effet, on observe : même structure en section verticale, même zonation concentrique en coupe transversale, même distinction de tubes fins superficiels et de tubes distendus dans la région columellaire, même disposition et même orientation relative de ces deux types de tubes. La distinction porte sur des points de détail : le parcours plus régulier des tronçons et des vermiculures dans la région profonde (columellaire) de *Stylocodium cameratum* et l'arcature moins accentuée des lignes qu'ils ébauchent.

---

(¹) A. BIGOT, *Bull. Soc. linn. Norm.*, 8ᵉ série, 2, 1929, p. 68 à 71, pl. V; P. CORSIN, *Ann. Soc. géol. du Nord*, 54, 1929, p. 200.

(²) Du latin *camera*, *æ*, la voûte, la coupole.

GÉOLOGIE. — *Une nouvelle coupe du Djebel Sarro (Maroc saharien).* Note de MM. **J. Bondon**, **L. Clariond** et **L. Neltner**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les grandes lignes de la géologie de ce massif ont déjà été reconnues par l'un de nous (L. C.), qui a pu (¹), au printemps dernier, suivre une tournée de police; mais, après cette exploration trop rapide, un nouvel itinéraire, suivi à loisir, nous a permis de préciser quelques points nouveaux. Partant de la région d'Iknioune-Oulousir, au cœur de l'anticlinal du Sarro, nous sommes descendus vers le Sud jusqu'au synclinal adjacent de Tazzarine, dont le centre est marqué par le Djebel Sardrar.

La zone axiale du Sarro est formée par un gros massif de granite, qui s'étend sur la région d'Iknioune et comprend l'Oulousir et le célèbre massif du Bou-Gafer. Entre Iknioun et l'Oulousir, les granites contiennent des schistes noirs présentant un métamorphisme très net, qui supportent en discordance le Cambrien; le granite lui-même se montre au Bou Gafer, percé de cheminées d'andésites et rhyolithes du Cambrien, et pour ces deux raisons, nous rattachons cet ensemble au Précambrien.

La série paléozoïque observée est la suivante de bas en haut :

*Cambrien.*

1. Andésites et rhyolithes, épaisseur variable de l'ordre de 50 à 300$^{m}$.
2. Grès rouges à éléments éruptifs (grès de Tikirt), 40 à 50$^{m}$.
3. Alternance de grès quartziteux et calcaires dolomitiques, 60 à 80$^{m}$.
4. Schistes et lits gréseux alternés, 40 à 50$^{m}$.
5. Barre de grès avec passées calcaires vers le sommet, 120 à 150$^{m}$.
6. Schistes vert tendre, coupés de petits lits calcaires avec *Ellipsocephalus* et *Paradoxides*, 50 à 80$^{m}$.

*Cambro-Ordovicien.*

7. Grès quartziteux avec sills de diabases et basaltes (Oued Maskourt), 300$^{m}$.
8. Schistes micacés gris ou verts, tendres et délitables, 200$^{m}$.

*Ordovicien.*

9. Quartzites et grès souvent ferrugineux, avec *Dalmanites* cf. *socialis* et *Orthis* (Ouaouglout), 20$^{m}$.
10. Schistes gréseux et grès quartziteux, 40$^{m}$.

---

(¹) L. Clariond et H. Termier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1911-1913.

11. Schistes micacés tendres, coupés de lits calcaires, riches en fossiles avec *Trinucleus*, *Dalmanites*, *Orthis*, Lamellibranches, Orthocères et Gastéropodes, 60 à 80m.
12. Grès quartziteux blancs à patine saharienne noire, 20m.

*Gothlandien.*

13. Schistes gris noir tendres et fiscilles à patine claire, avec *Monograptus* et *Cardiola interrupta* (Tazzarine), 100m.

*Dévonien inférieur.*

14. Calcaires noirs, riches en fossiles : Orthocères, parfois géants, Polypiers, Encrines; le sommet nous a fourni un bel échantillon de *Phacops fecundus* var. *degener* (1), qui caractérise le Coblenzien (Djebel Sardrar).

Notre niveau (6) correspond, d'après L. Clariond, au niveau fossilifère du Tizi Boujou déjà signalé par lui, niveau qui serait donc acadien et non géorgien; d'ailleurs, un nouvel examen des fossiles recueillis en ce dernier gîte nous fait croire que *Paradoxides* figure également parmi eux.

Toutefois, la comparaison de cette série avec celle de la région des Mezguita où nous avons reconnu le Géorgien (2), nous conduit à attribuer à cet étage les cinq premiers termes de la coupe.

Au Sud du Bou Gafer, le massif dit des « Quatre Aiguilles » montre une série éruptive reposant en discordance sur le Cambrien inférieur (termes 1 et 2). La coupe relevée montre successivement des phonolithes et des trachytes phonolithiques (80-100m), puis des tufs phonolithiques (50-60m).

Les aiguilles phonolithiques ont des formes bien conservées; les laves et les tufs descendent nettement sur les pentes des vallées; nous devons donc leur attribuer un âge très récent : pliocène ou quaternaire; c'est la réplique, à l'Est du Draa, des coulées du Siroua.

Cette série phonolithique s'étend largement vert l'Est (Tigouna), et vers l'Ouest où elle constitue le plateau du Baghdad.

Au pied occidental des « Quatre Aiguilles », les tufs phonolithiques reposent sur le Cambrien par l'intermédiaire de 50 à 60m de basaltes et tufs basaltiques très altérés et peu visibles, qui se rattachent probablement eux aussi à l'activité éruptive récente.

---

(1) Nous devons cette détermination à M. Pruvost.
(2) J. Bondon et L. Neltner, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 170-172.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *La diagonale aréique de l'Amérique du Sud.* Note de MM. **Emm. de Martonne.**

J'ai défini l'*Endoréisme* comme la condition des régions dont l'écoulement n'atteint pas l'Océan et l'*Aréisme* comme celle des régions où l'écoulement est nul (¹). Dans l'extension de ces régions, précisée en collaboration avec L. Aufrère (²), une des particularités les plus curieuses a paru être l'existence dans l'Amérique du Sud de deux zones aréiques, allongées non pas dans le sens des parallèles, mais suivant les méridiens, à l'ouest des Andes au nord et à l'est des Andes au sud. Les documents cartographiques dont je disposais en 1928 semblaient indiquer que ces deux zones avaient tendance à se rejoindre vers le Tropique, malgré les hauts reliefs d'une des plus puissantes chaînes du monde (Carte des régions privées d'écoulement à 1/5 000 000ᵉ en collaboration avec L. Aufrère, publiée par l'Union géographique internationale).

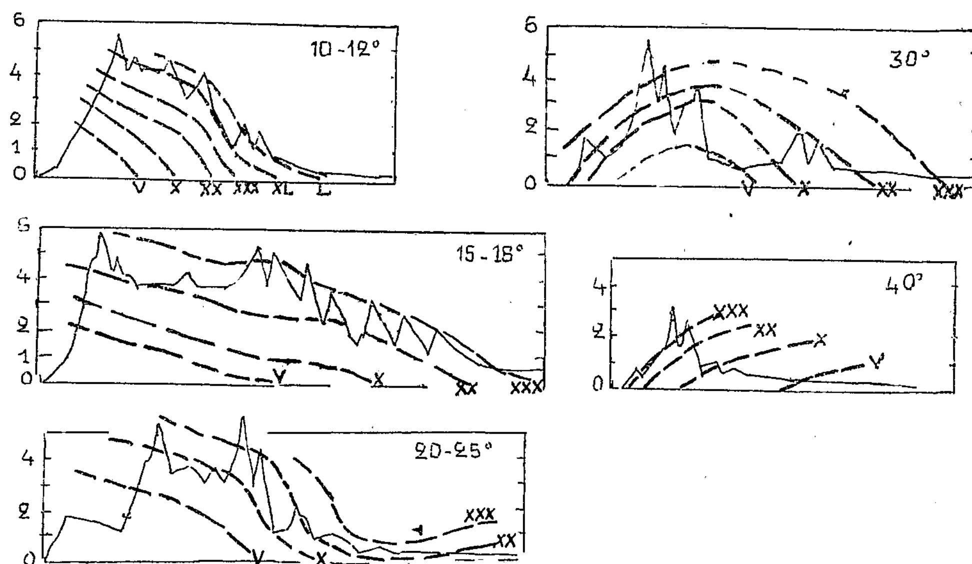
Un voyage dans le nord-ouest de la République Argentine et le nord du Chili vient de me permettre de vérifier et préciser sur le terrain cette hypothèse. Des parcours étendus en chemin de fer, en automobile et en avion ont ajouté aux observations de détail des vues d'ensemble. En utilisant les cartes topographiques récemment publiées et les données relativement nombreuses dues à l'activité des Services météorologiques de l'Argentine et du Chili, il est possible de démontrer et d'expliquer l'existence d'une zone aréique continue, de direction subméridienne, qui traverse en diagonale le continent et ses plus hauts reliefs.

C'est entre 20° (latitude de Iquique) et 35° (latitude de Valparaiso) qu'a lieu cette traversée. A cette hauteur, la montagne cesse de jouer son rôle ordinaire de condensateur, alimentant l'écoulement fluvial. Vers 20° et vers 35° les crêtes culminantes forment encore comme une cloison humide entre les deux domaines arides; dans l'intervalle (vers 24° à 29°) cette cloison, de plus en plus étroite, est percée, suivant une direction oblique au méridien allant de Antofagasta (Chili) à Andalgala (Argentine); la zone aérique s'étend sur la Puna d'Atacama à plus de 4000ᵐ d'altitude.

Le climat peut expliquer cette particularité dont il n'y a pas d'autre

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1395.
(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 939.

exemple au monde. On le vérifie par la cartographie de l'*indice d'aridité* (fonction des précipitations et des températures que j'ai définie en 1926, *Comptes rendus*, 182, p. 1395). La carte que j'en ai dressée en utilisant plus de 100 stations rend compte de la dissymétrie climatique des Andes, en montrant les indices inférieurs à 10 cantonnés sur la côte pacifique au Nord (Pérou), sur le versant atlantique au Sud (Patagonie), et s'étalant sur toute la chaîne dans la région de la diagonale aréique. Grâce aux




Coupes schématiques du relief et des surfaces d'équiaridité dans la région andine de l'Amérique du Sud.

Latitudes indiquées en haut et à droite de chaque profil. — Altitudes exprimées en kilomètres (échelle à gauche). — Surfaces d'équiaridité numérotées suivant les indices en chiffres romains.

stations échelonnées jusqu'à des altitudes assez fortes, il est possible de dresser une série de profils Est-Ouest montrant l'altitude des indices, c'est-à-dire la section de ce que j'appellerai les *surfaces d'équiaridité*. On voit qu'elles s'abaissent de l'Ouest à l'Est dans le Nord, de l'Est à l'Ouest dans le Sud, et forment vers 30° une sorte de bombement. En gros, cette allure s'explique par le sens général des courants atmosphériques humides, qui viennent de l'Est au Nord, de l'Ouest au Sud, et qui font défaut vers le Tropique.

Il faut noter cependant que le corps du bourrelet andin ignore les indices supérieurs à 20. Les surfaces d'équiaridité plongent brusquement sur les

bords humides. Ainsi s'explique ce fait frappant et au premier abord d'apparence paradoxale : la plaine argentine est plus humide que la montagne, de la frontière bolivienne jusqu'à Tucuman. Les nuages s'accrochent aux premières Sierras, l'eau y coule dans les thalwegs et la forêt dense à épiphytes couvre les pentes jusqu'à 2000$^m$. Dès qu'on remonte les « quebradas », un soleil ardent brille dans le ciel le plus pur, les cactus se dressent sur le sol nu. L'aridité augmente jusqu'à 3000$^m$ au moins. Il en est de même dans les régions de San Juan et de Mendoza (où manque toutefois la zone basale humide).

Les circonstances orographiques ne sont pas à négliger pour expliquer la position de la diagonale aréique. Au Sud de 26° de latitude, le bloc massif des Andes se résout en un bourrelet étroit portant la frontière chilienne et en une série de Sierras qui s'ennoyent progressivement dans la plaine argentine. Entres ces chaînes s'étalent des « Bolsons », plaines rendues plus arides par leur faible altitude permettant de hautes températures, et par leur position à l'abri des courants atmosphériques humides. L'écran des Sierras de Cordoba contribue nettement à accentuer la sécheresse des plaines de Mendoza et de San Juan.

Ajoutons que, si le continent sud-américain est le seul où les plus hauts reliefs soient désertiques *de bord à bord*, il se trouve par là même le seul où l'aridité règne dans une zone allongée sur 40° de latitude en partant presque de l'Équateur, zone qui traverse en diagonale *d'un Océan à l'autre* (Pacifique au Nord, Atlantique au Sud).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la teneur en oxygène dissous des eaux de la Seine maritime*. Note de M. **Paul Chauchard**, présentée par M. Charcot.

Au cours de la croisière du *Pourquoi Pas?*, du 23 septembre au 13 octobre, le bateau dut rester dans l'estuaire de la Seine. Je pus me livrer à bord à un certain nombre de recherches, et étudier spécialement les facteurs de variation de la teneur en oxygène dissous [1].

J'ai employé la méthode classique au sulfate ferreux avec dosage final au permanganate. Mais mes mesures ayant porté sur des eaux de salinité

(1) Le compte rendu complet des prises et les courbes qui les traduisent paraîtront dans un autre Recueil.

variable, j'opère ce dosage en présence d'une solution de sulfate de manganèse en milieu sulfurique et phosphorique, le sulfate de manganèse empêchant le dégagement du chlore et l'acide phosphorique permettant, par suppression de la coloration jaune, une bonne appréciation du virage. Cette technique m'a toujours donné des résultats comparables à ceux des autres procédés de dosage. Elle est d'une exécution rapide, et plus facile surtout à bord d'un bateau.

Les prises furent effectuées d'une part au Trait, en amont de Caudebec, où la marée très sensible et se traduisant en vive eau par le phénomène du mascaret, n'est jamais accompagnée de variations de la salinité, l'eau y demeurant toujours douce; d'autre part, en remontant et descendant l'estuaire, j'ai pu comparer les chiffres obtenus à ceux de l'eau de mer et des eaux saumâtres.

1° Quand on passe de l'eau douce à l'eau de mer, on constate que la teneur en oxygène dissous très faible en eau douce (conductivité électrique à 20° [1], $\chi_{20^\circ} < 1$ millimho-cm., oxygène 7$^{mg}$,58 par litre à Villequier le 23 septembre; 5,06 au Trait le 13 octobre) s'élève beaucoup, présente un maximum dans l'eau saumâtre (le 13 octobre, à Honfleur $\chi_{20^\circ}$ : 18,8; O : 8,85; au Havre $\chi_{20^\circ}$ : 25,5; O : 9,14) et diminue légèrement vers l'eau de mer ($\chi_{20^\circ}$ : 46,5; O : 8 à Barfleur; 8,48 à Serck, le 14 octobre). Si l'on tient compte du fait qu'à 18°, température de mes prises, la saturation est d'environ 8$^{mg}$ par litre pour l'eau de mer et 9,8 pour l'eau douce, on remarque que l'eau douce est toujours très au-dessous de la saturation (77 et 51 pour 100 pour les prises citées plus haut), l'eau saumâtre à peu près saturée (100, 103 pour 100) et l'eau de mer saturée ou légèrement sursaturée (100, 106 pour 100).

2° Une première série de mesures au Trait fut effectuée chaque jour vers 11$^h$. Elle montre un rapport net entre la teneur en oxygène dissous et la force de la marée. En fin de vive eau, du 23 au 27 septembre je trouve autour de 7$^{mg}$,2. Pendant la morte eau, une montée assez brusque à 8,06 le 28 est suivie d'un maximum à 8,23 le 1$^{er}$ octobre. Les marées à mascaret de la nouvelle vive eau provoquent le 3 une chute accentuée à 6,5 qui se continue jusqu'à la fin de ces marées (4,68 le 7 octobre). Enfin la nouvelle morte eau montre une tendance à la remontée (6,36 le 11 octobre). L'explication de cette relation entre les deux courbes qui se suivent avec un léger décalage de l'oxygène dissous sur la hauteur de la marée, doit être recher-

(1) Paul Chauchard, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 621.

chée dans la libération des matières réductrices par les vases qu'agite le mascaret. Dans des conditions pourtant souvent éloignées de la saturation (de 48 à 90 pour 100), cette forte agitation de l'eau n'augmente pas en effet son oxygénation.

3° Au cours de la journée, deux facteurs principaux agissent sur la teneur en oxygène dissous. L'insolation par l'intermédiaire de la photosynthèse, provoque une forte augmentation, laissant toujours cependant l'oxygène non saturé (ainsi 85 pour 100 le soir pour 57 pour 100 le matin); la Seine maritime n'étant pas riche en organismes chlorophylliens comme l'est par exemple la haute Rance où j'ai trouvé 74 pour 100 le matin, 164 pour 100 vers 15h.

Le flot, brusque et accompagné de mascaret ou plus lent, se marque toujours par une légère chute de la teneur en oxygène dissous, due sans doute également à la libération de matières réductrices par l'agitation. Il provoque donc le jour un crochet dans la courbe de montée; la nuit il accélère la diminution de l'oxygène dissous.

| Nos. | Date et Heure. | | Oxygène dissous. | Observations. |
|---|---|---|---|---|
| 55 | 12 octobre | 8h30m | 5,55 | |
| 56 | » | 11,10 | 6,20 | |
| 57 | » | 14,10 | 5,87 | Flot à 14h |
| 58 | » | 17,30 | 7,51 | |
| 59 | » | 18,30 | 7,18 | |
| 60 | » | 21 | 6,69 | |
| 61 | 13 octobre | 5,30 | 4,57 | Flot à 2h |
| 62 | » | 6,10 | 4,73 | |

En dehors de ces causes de variation, il faudrait noter l'action du climat (temps d'insolation, vent), la quantité plus ou moins grande de matières réductrices amenée par les eaux de la rivière.

La teneur en oxygène dissous des eaux de la haute Seine maritime s'est montrée faible et sujette à d'amples variations. Si grâce aux processus de photosynthèse, elle suffit aux exigences biologiques, elle présente d'importants facteurs de diminution, et il est intéressant de noter que dans cette région spéciale où l'eau est toujours douce, la faune peut cependant être influencée par les marées, celles-ci se traduisant non pas seulement par des changements de courant, mais encore par des modifications des propriétés physico-chimiques du milieu.

PALÉONTOLOGIE. — *Le groupe des Chéloniens pleurodires au cours des temps géologiques.* Note de M. **F. M. Bergounioux**, présentée par M. Ch. Jacob.

De nos jours, les Chéloniens pleurodires sont tous localisés dans l'hémisphère Sud (Amérique du Sud, Inde du Sud, Afrique, Madagascar, Nouvelle-Guinée, Australie). Le groupe est d'ailleurs actuellement restreint aux seules familles des *Pélomédusidés* et des *Chélydidés*, comprenant globalement 11 genres et 39 espèces. Il semble qu'on soit en présence d'un groupe en régression.

Au point de vue paléontologique, les Pleurodires sont les Chéloniens les plus anciennement connus. J'ai montré (1) que la famille des *Amphichelydés* devait être considérée comme formant les ancêtres directs des Pleurodires, qui se sont surtout différenciés à partir du Jurassique supérieur, époque qui paraît être celle de l'apogée du groupe. Dès cette période apparaissent, en effet, les familles les plus caractéristiques des Pleurodires, *Plesiochélydés*, *Thalassémydés*, connues en France par les belles formes du Kiméridgien de Cerin, *Baenidés, Pleurosternidés.* Ces familles ne comptent pas moins de 40 genres décrits, tous entièrement disparus. Il faut en dire autant des groupes apparus au Crétacé supérieur : *Photochersidés*, *Kallokibotiidés*, *Miolaniidés* (?), *Bothrémydidés*, dont l'extension géologique ne dépasse pas le sommet du Crétacé, sauf peut-être pour quelques espèces du genre *Miolania*. Encore convient-il de faire remarquer que les fragments de tortue de Chubut (Argentine), décrits par Ameghino et déterminés sous le nom de *Miolania argentina*, ne sont peut-être pas du Crétacé supérieur comme l'indique cet auteur.

Les deux familles actuellement existantes, *Pélomédusidés* et *Chélydidés*, n'apparaissent qu'à l'Éocène. Il faut cependant noter que le genre *Chitracephalus* a été décrit par Dollo dans les formations wealdiennes de Belgique.

Ainsi il semble que l'on pourrait considérer deux groupes distincts au sein des Pleurodires : d'une part les formes fossiles disparues au Crétacé supérieur et de l'autre les formes actuelles apparues chronologiquement plus tard et fournissant comme le relaiement tardif des formes disparues.

---

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1449.

Reste à fixer l'époque de la localisation des Pleurodires dans l'hémisphère austral. Jusqu'à ces dernières années, à part le genre *Podocnemis*, dont on connaissait un fragment dans le Lutétien d'Angleterre et dont j'ai récemment jalonné la marche vers le Sud durant l'Oligocène (¹), on ne connaissait, dans les formations du tertiaire européen, aucun chélonien susceptible d'être classé dans cette superfamille. Les collections du Muséum de Marseille avaient fourni au regretté baron Nopcsa les matériaux d'un travail sur les Pleurodires du Midi de la France que j'ai moi-même repris dans une étude actuellement à l'impression (²). Le genre nouveau *Elochelys* trouve sa place dans la famille des *Bothrémydidés* qui n'était connue que dans le Crétacé supérieur américain. Au cours de l'été dernier, j'ai pu visiter les musées des Universités du Nord de l'Italie qui m'ont fourni de nouvelles données sur la question. Tout le Nummulitique de la région de Vérone, en particulier le fameux gisement de Monte-Bolca, a donné des formes de tortues paludines. C'est ainsi qu'au Museo Civico de Vérone, au milieu de restes de *Clémmys* dont l'étude est en cours, se trouve Chélonien d'assez grande taille déterminé sous le nom d'*Emys Nicolisii* de Zigno, de l'Éocène de Monte Arzan. Indiscutablement la pièce est faussement attribuée au genre *Emys*. Il s'agit bien d'une tortue pleurodire, qui par l'ensemble de ses caractères se rapproche du genre *Elochelys* Nopcsa : la deuxième neurale est très longue par rapport aux autres, les plaques dermiques costales se réunissent sur la ligne centrale, sans l'intermédiaire d'écussons vertébraux. La collection de paléontologie de l'Université de Padoue contient de plus une douzaine de Chéloniens pleurodires qu'il est nécessaire d'étudier et de déterminer en détail avant de pouvoir donner un avis définitif sur eux. Mais quoi qu'il en soit, la présence du genre *Elochelys* dans le Nummulitique de l'Italie du Nord paraît traduire une migration des formes daniennes du Midi de la France. Il convient enfin de signaler que, dans le bassin lutétien de l'Hérault, j'ai trouvé deux formes de Pleurodires en cours d'étude et je puis déjà dire qu'elles font partie de la même famille des *Bothrémydidés*, formes appartenant essentiellement au Crétacé supérieur américain. Ainsi, au Lutétien, une faune de Pleurodires très spéciale était localisée dans la région circumméditerranéenne d'où, sans doute, elle a dû émigrer dans l'hémisphère Sud, à moins que nous ne soyons en pré-

(¹) *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 64, fasc. 2, 1932.

(²) *Monographie de quelques chéloniens fossiles conservés au Muséum d'Histoire naturelle de Marseille* (Marseille, 1934).

sence de la terminaison rapide d'un très court rameau phylétique. C'est de la même façon que durant l'Oligocène devait émigrer le genre *Podocnemis*, dont une seule espèce, *P. madagascariensis*, subsiste encore de nos jours à Madagascar, alors que les autres sont presque exclusivement localisées dans le bassin de l'Amazone.

PALÉONTOLOGIE. — *Vertébrés subfossiles de l'Azaoua* (*Colonie du Niger*). Note de M. L. **Joleaud**, présentée par M. H. Douvillé.

M. Auguste Chevalier a bien voulu me communiquer les restes de Vertébrés subfossiles, qu'il a rapportés de son dernier voyage en Afrique occidentale. Ces ossements, recueillis par le Commandant du groupe nomade de Tahoua, proviennent de divers gisements : Meddal, Tadreïlat, Tazerzaït, Tamaïa, Mellet, mont Maya, Raro. Toutes ces localités sont situées entre le bord sud du Tassili n Ahaggar et les plateaux crétacés du nord-ouest du Niger, dans le pays des Aouellimiden : cette région de bas-fonds est plus ou moins drainée aujourd'hui par l'oued Azaouak, qui, empruntant le daol Bosso, aboutit au fleuve à Boumba, en aval de Niamey et de Say.

Dents et ossements ont été découverts, selon le Commandant du groupe nomade de Tahoua, sur l'emplacement d'anciens villages : ces restes subfossiles étaient associés à des haches polies, pilons, meules dormantes, flèches en silex, harpons en os, débris de poterie et coquillages. La situation de ces antiques lieux d'habitat indique clairement que les oueds, sur les rives desquels ils se trouvaient, coulaient alors constamment et avaient leurs eaux peuplées de Poissons et de Mollusques; aujourd'hui les vallées sèches de toute la contrée sont encombrées de dunes fixées, sur lesquelles les villages préhistoriques avaient été généralement établis. Ainsi, à l'époque où ces bourgades abritaient encore des populations sédentaires, la sécheresse s'était déjà largement développée dans le pays. D'ailleurs, parmi les pointes de flèches en silex rassemblées par le Commandant du groupe nomade de Tahoua, dominent les pièces à base concave du Néolithique ancien.

Le plus grand nombre des ossements subfossiles de l'Azaoua provient d'*Hippopotamus amphibius*. Ensuite se classent, par ordre de fréquence décroissante, *Crocodilus niloticus*, *Lates niloticus*, *Phacochœrus æthiopicus*, *Elephas africanus*, *Camelopardalis giraffa*, *Bos* sp., *Antilope* sp.

Ces trouvailles sont intéressantes à rapprocher de celles d'ossements de même âge rapportés d'autres régions de l'Afrique occidentale. Des os subfossiles, accompagnés de pointes de flèches et d'engins de pêche ont été reconnus par P. Laforgue, à Ganeb el Hafeira, également le long du lit desséché d'un torrent au pied d'une ancienne cascade, dans l'Aouker (secteur nomade de Tichitt, Mauritanie saharienne orientale). Plus à l'Est, dans le Djouf, d'une part à $50^{km}$ au nord d'Araouan, d'autre part à $10^{km}$ au sud de Guir, localité située elle-même à l'Orient d'Araouan, F. Roman a récemment indiqué divers types d'une faune de marécages : *Clarias* (c), *Lates* (c), *Crocodilus* (c), *Trionyx*, *Hippopotamus amphibius* (c), *Bos*, *Limnotragus* cf. *gratus*, *Cervus*, *Mellivora*, *Trionomys* cf. *calamophagus*. A ces restes de Vertébrés étaient associés un squelette humain, ainsi que des hachettes à tranchant poli et des hameçons en os.

L'outillage de ces gisements de l'Azaoua, de l'Aouker et du Djouf se réfère au Néolithique. A une étape antérieure des civilisations de l'âge de Pierre de l'Afrique occidentale, se rattacherait la station d'Asselar, d'où M. Boule et H. Vallois ont récemment décrit un squelette humain. De cette localité de la vallée du Tilemsi, dans le Timetrin, à $300^{km}$ au nord de Gao, V. Besnard et Th. Monod ont rapporté des coquilles de Mollusques tchadiens et des ossements de Silures, Crocodiles, Phacochères, datant, semble-t-il, de la fin du Paléolithique. A. Chevalier vient de signaler de ce même point des empreintes de grands roseaux (*Phragmites maxima*).

Ainsi à une époque pluviale correspondant au Paléolithique récent et au Néolithique, de vastes nappes d'eau douce s'étendaient au nord du Sénégal et du Niger, les unes situées vers l'Ouest, se propageant de part et d'autre du Haut Niger tributaire du Djouf, les autres développées vers l'Est, sur les rives du Tilemsi et de l'Azaouak, affluents du Bas Niger.

L'âge des gîtes de Vertébrés de l'Azaoua, du Djouf, du Timetrin et de l'Aouker peut être déterminé avec une certaine précision grâce aux outils préhistoriques qui y accompagnent les os subfossiles. Il n'en est pas de même d'autres gisements, tels que celui du Phacochère d'El Aioudj voisin de la sebkha d'Idjil (Mauritanie) ou ceux de Poissons (*Lates niloticus*, *Synodontis*, *Clarias*, *Arius*), de Bou Djebeha (à $200^{km}$ au nord-nord-est de Tombouctou, dans l'Azaouad), de Kidal (à $500^{km}$ à l'est de Tombouctou, dans l'Adrar des Iforas), de Bilaberim (à $200^{km}$ au nord du Tchad sur la piste de Bilma), de Dira (à mi-distance entre le Tchad et le Borkou, dans l'Égueï), de Beurfou, Sitou et Broulkong (Djourab). Ces localités d'Idjil, de l'Aouker, du Djouf, de l'Azaouad, du Tilemsi, de Kidal, de l'Azaouak, du

Gober, de Bilaberim, de l'Égueï et du Djourab jalonnent une aire de grands marécages allant du Rio de Oro au Borkou au Nord et au Sud du 20e degré. Cette zone d'anciennes surfaces lacustres paléolithiques récentes et néolithiques semble s'être substituée à la mer quaternaire de Tombouctou de A. Chevalier, qui remonterait peut-être alors au Paléolithique ancien et moyen.

A leur tour, les marécages du Néolithique furent progressivement remplacés par des surfaces sans eau et inhabitables. Le Commandant du groupe nomade de Tahoua a remarqué que des villages néolithiques de l'Azaoua furent édifiés sur des dunes consolidées encombrant les antiques thalwegs des rivières de la contrée : ces villages préhistoriques sont donc, au moins en partie, postérieurs à un desséchement déjà manifeste de la contrée, et leur établissement dut être, par suite, relativement tardif. L. Laforgue fait remonter tout au plus à 10 siècles le desséchement complet du Djouf, du Maqteir, de l'Akchar, de l'Adefar et de l'Aouker, ce qui nous reporterait seulement au Néolithique récent ou à l'Énéolithique. Dans l'Azaoua, par contre, la faune à Hippopotame n'aurait guère persisté que jusqu'au Néolithique ancien.

BOTANIQUE. — *Sur la reproduction du* Chætoceros pseudocurvisetum *Mangin.* Note (1) de Mlle **R. Le Blanc**, présentée par M. L. Mangin.

Le matériel qui fait l'objet de cette Note a été recueilli dans l'Étang de Thau (Eaux Blanches) le 28 octobre 1933 par E. Chatton.

Outre le *Chætoceros pseudocurvisetum*, ce matériel contient de très nombreuses colonies étoilées du *Thalassiothrix mediterranea* qui n'était connu jusqu'ici que par les seules récoltes de J. Pavillard dans les parages du port de Sète (octobre-novembre 1908).

Le *Chætoceros pseudocurvisetum* a été séparé du *Chætoseros curvisetum* et constitué en espèce autonome, parfaitement distincte, par L. Mangin (1910). Des renseignements complémentaires sur l'agencement des cellules et l'insertion des soies ont été fournis par Gran et Yends (1914), J. Ikari (1926), Hustedt (1930).

Les phénomènes de reproduction, qui nous intéressent particulièrement n'ont été, jusqu'ici, l'objet que d'observations occasionnelles, très peu

(1) Séance du 15 janvier 1934.

nombreuses. Les endocystes, déjà entrevus et représentés sommairement par J. Ikari (1926), ont été figurés par J. Pavillard dans sa monographie des récoltes planktoniques du Prince Albert Ier de Monaco (1931).

Mais le matériel de Sète est surtout remarquable par la coexistence des

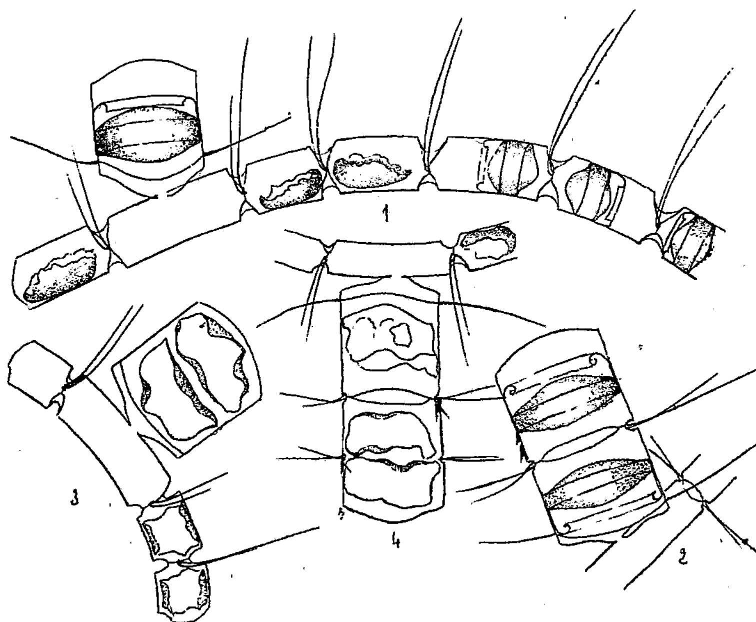



Fig. 1 à 4. — *Chætoceros pseudocurvisetum* Mangin : 1, une chaine avec endocystes dans les cellules végétatives et dans la vésicule auxosporale; 2, deux endocystes d'origine auxosporale; 3 et 4, deux étapes du développement végétatif de l'auxospore. (Gr. : 600.)

endocystes et des auxospores et par l'emboîtement des endocystes dans les auxospores.

Le premier exemple de ce dernier phénomène a été signalé par H. Gran (1915) dans le *Chætoceros pseudocrinitum*.

Les observations les plus complètes concernent le *Chætoceros eibenii* étudié par J. Pavillard (1921) (¹) puis par Ikari (1925); les endocystes y prennent naissance dans des vésicules auxosporales issues de cellules végétatives hypertrophiées, (mégacytes) deux fois plus longues que les cellules normales.

En 1926, J. Ikari figure et décrit sommairement deux chaînes de *Chætoceros van Heurckii* (Gran); la première contient deux endocystes dans des

(¹) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 469.

cellules de dimension normale; la seconde est un fragment de chaîne « maigre » dont deux cellules, très allongées, ont émis latéralement une vésicule auxosporale; dans l'une d'elles s'est différencié un endocyste; l'autre contient deux cellules végétatives.

Notre *Chætoceros pseudocurvisetum* de Sète représente une véritable synthèse de toutes les observations antérieures.

Nous trouvons en effet des chaînes à un ou deux mégacytes; chacun d'eux présente sur sa courbure convexe un orifice d'émission pour la vésicule auxosporale. Celle ci peut évoluer de deux façons différentes :

1° certaines auxospores conservent au moins temporairement l'état végétatif et produisent des chaînes-filles, de deux ou plusieurs cellules normalement conformées et munies de soies. Nous avons même vu deux cas intermédiaires où le chromoplaste est divisé en deux alors que la cellule ne l'est pas encore;

2° plus fréquemment, un endocyste prend naissance à l'intérieur de l'auxospore; cet endocyste est bien constitué, identique à ceux décrits naguère dans la chaîne (Pavillard 1931); la seule différence concerne les dimensions.

Le fait le plus remarquable, et qui n'avait jamais été constaté jusqu'à présent, est la formation simultanée d'endocystes dans les cellules de la chaîne végétative et dans les vésicules auxosporales qui en dépendent; la coexistence des deux catégories d'endocystes est soulignée par la différence considérable de leurs dimensions transversales : 27$^{\mu}$ en moyenne dans les auxospores, 9$^{\mu}$,8 dans les cellules végétatives.

On rencontre aussi d'assez nombreuses chaînes larges issues d'une auxospore et dont chaque cellule contient un endocyste parfait; il peut exister ainsi de 2 à 8 endocystes à la file; mais à partir de 4 cellules les chaînes-filles se détachent probablement toujours de la chaîne-mère par rupture de l'étroit pédicule auxosporal.

BOTANIQUE. — *Polymorphisme floral : la Gynomonœcie et la Gynodiœcie chez* Knautia arvensis *Coult.* Note [1] de MM. **P. Lavialle** et **P. Jaeger**, présentée par M. L. Mangin.

Nous avons décrit [2] les rapports qui existent entre la fertilité ou la stérilité de l'androcée, et les sept formes principales que peut revêtir l'éta-

---

(1) Séance du 15 janvier 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 114.

mine dans les fleurs de *Knautia arvensis*. Cette espèce présente, au point de vue floral, deux formes sexuelles principales : 1° fleurs hermaphrodites; 2° fleurs femelles, portées soit par des individus distincts (gynodiœcie), soit par un même individu (gynomonœcie).

M. Molliard (*Ann. d. Sc. Nat. Bot.*, 1895, p. 74), dans son important travail sur les cécidies florales, décrit le parasitisme de *K. arvensis* et d'autres Dipsacées par *Peronospora violacea* Berk. Parmi les effets du parasitisme, il signale l'avortement de l'androcée qui se trouve ordinairement réduit à des étamines courtes, plus ou moins atrophiées et stériles : *description qui s'applique aussi à l'androcée des fleurs de K. arvensis désignées par nous sous le nom de fleurs femelles*.

Malgré la généralité et la régularité de nos observations, nous avons jugé utile de vérifier expérimentalement que l'avortement de l'androcée, chez *K. arvensis*, ne correspond pas toujours à une castration parasitaire. Avant de décrire nos essais, nous citerons des faits qui, pris individuellement, n'ont pas de valeur décisive, mais dont l'ensemble est assurément peu favorable à l'idée d'une castration parasitaire régulière portant sur l'androcée, et aboutissant à des fleurs femelles.

*a.* L'aire de dispersion des pieds femelles et des pieds à fleurs mixtes, est sensiblement la même que celle des pieds hermaphrodites. Tous ces pieds sont ordinairement, ou voisins ou intimement mélangés dans les mêmes stations.

*b.* Un même capitule porte souvent, à la fois et dans une promiscuité dangereuse au point de vue parasitaire, des fleurs hermaphrodites et des fleurs femelles, diversement situées, et mélangées dans des proportions très variées.

*c.* Tous les capitules d'un même pied (femelle ou à fleurs mixtes) ont rigoureusement la même composition.

*d.* Nous avons cultivé, côte à côte, pendant plusieurs années consécutives, des pieds à fleurs hermaphrodites et des pieds à fleurs femelles, sans observer le moindre changement, la moindre contamination des pieds hermaphrodites, dont les étamines restent indéfiniment normales et fertiles.

*e.* L'avortement de l'androcée est fréquent chez les Scabieuses, en dehors de toute action parasitaire [1].

*Expérimentation*. — Comme épreuve décisive, nous avons choisi la détermination expérimentale de l'hérédité des individus hermaphrodites, et surtout de l'hérédité des individus femelles.

En effet, si l'avortement des étamines était provoqué par des influences extérieures accidentelles, étrangères au végétal (parasitisme, par exemple), les akènes produits

[1] F. Knuth, *Hand. d. Blütenbiologie*, Leipzig, 2, 1898, p. 562.

par les fleurs femelles fertilisées par le pollen des fleurs hermaphrodites devraient fournir exclusivement des pieds à fleurs hermaphrodites. Si, au contraire, l'absence d'étamines dans les fleurs femelles ou leur stérilité résultaient d'une variation (ample mutation unique ou mutations successives de moindre importance), et constituaient un caractère naturellement acquis, les akènes produits par les fleurs femelles fertilisées par le pollen des fleurs hermaphrodites donneraient : les uns des pieds à fleurs femelles, les autres des pieds à fleurs hermaphrodites. En un mot, tout se passerait comme chez les plantes gynodioïques : habituellement considérées comme en voie d'évolution vers la diœcie proprement dite.

Nous avons donc récolté des akènes, sur des pieds à capitules bien homogènes, portant : 1° uniquement des fleurs hermaphrodites; 2° uniquement des fleurs femelles. Nous avons semé ces deux séries d'akènes, et voici les résultats enregistrés au moment de la floraison (soit deux ans après le semis) :

*a. Akènes produits par les fleurs hermaphrodites.* — Résultat : ces akènes n'ont donné que des individus à fleurs exclusivement hermaphrodites normales.

Il faut noter ici que nous n'avons observé aucune variation, aucun degré d'avortement de l'androcée. Mais nos essais ont porté sur un nombre trop restreint de semis, et nous nous proposons de les renouveler sur un grand nombre d'akènes, comme cela a été fait, avec succès, pour des plantes gynodioïques : *Origanum vulgare*, par Willis (*Proc. of the Cambridge Phil. Soc.*, 8, 1893); *Satureia hortensis* et *Silene inflata*, par Correns (*Jahrb. f. Wiss. Botan.*, 44, 1907); *Viola tricolor*, *Euphrasia officinalis*, fleurs doubles, par de Vries ([1]).

*b. Akènes produits par les fleurs femelles.* — Résultat : ces akènes ont donné : 76 pour 100 de pieds typiquement femelles; 24 pour 100 de pieds typiquement hermaphrodites.

Ce résultat est conforme à la règle de Correns concernant l'hérédité des plantes gynodioïques : *la forme unisexuée (phylogénétiquement récente) est dominante par rapport à la forme hermaphrodite ancienne;* et il rappelle ceux déjà obtenus sur les individus femelles de plantes gynodioïques, en premier lieu par Darvin ([2]) sur *Thymus Serpyllum*, et plus tard, sur d'autres plantes, par Bejerinck (*Nederl. Kruidk. Archiew*, 2e série, 1885, p. 244-254), Correns (*loc. cit.*).

---

([1]) De Vries, *Die Mutations Theorie*, Leipzig, in-8, 1901-1902.

([2]) Darwin, *Différentes formes de fleurs dans les plantes de la même espèce*. Traduction française de Heckel. Paris, Reinwald, 1878, p. 312.

En résumé : l'avortement de étamines chez *Knautia arvensis* n'est pas seulement un cas accidentel de castration parasitaire. Cette espèce doit être rangée parmi les plantes gynodioïques et gynomonoïques vraies.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques résultats de la suralimentation et de la sous-alimentation embryonnaires chez l'avoine.* Note (¹) de M^lle **Bouges**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Il y a quelques années j'ai pu obtenir chez des poulets sous-alimentés et suralimentés pendant l'incubation des transformations importantes telles que diminution et augmentation considérables du poids, changement de couleur du plumage, etc. (²). Je me suis demandé si cette méthode de modification de l'alimentation embryonnaire ne pourrait pas donner des résultats intéressants en opérant sur des germinations d'avoine.

J'ai opéré, en mars 1927, sur 80 grains d'avoine grise de Houdan issus, ainsi que 20 témoins des talles d'un même pied. 20 ont été privés de $5^{mg}$ d'albumen et 20 autres de $10^{mg}$; 20 ont reçu en supplément $5^{mg}$ d'albumen et 20 autres $10^{mg}$. Moissonnées en août 1927 les avoines à embryon sous-alimenté ont donné une production de grain et de paille inférieure à celle des témoins. Celle des avoines à embryon suralimenté a été supérieure à celle des témoins. Le poids des récoltes n'a pas été proportionnel à la quantité d'albumen retirée ou ajoutée.

Depuis 1927, j'ai chaque année expérimenté non seulement sur avoine, mais sur blé, orge et maïs. J'ai même nourri partiellement un embryon d'orge avec un albumen d'avoine.

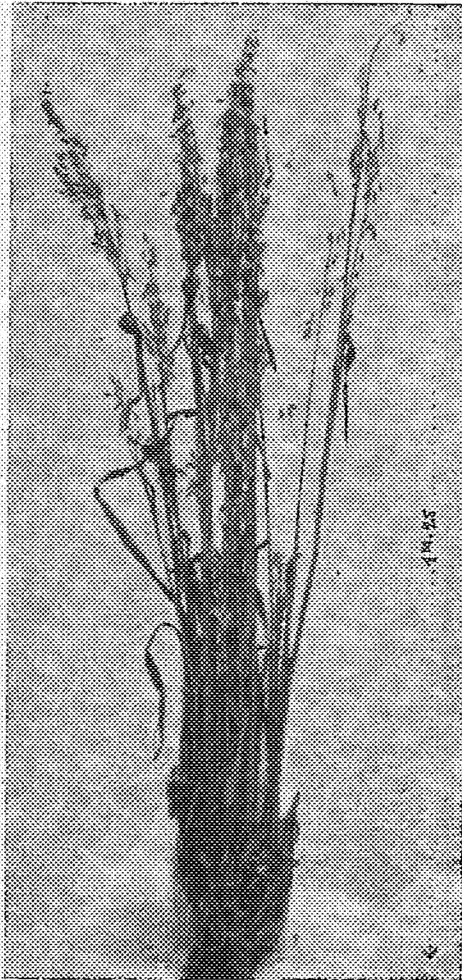
En 1932, une avoine de variété von Lochow dont l'embryon a reçu $15^{mg}$ d'albumen présente une tige à deux panicules. Les témoins, issus de la même panicule que les sujets et que les grains ayant servi à la suralimentation, ne portent qu'une seule panicule. Le sujet à double panicule présente au 6^e^ nœud une forte gaine en partie doublée intérieurement d'une gaine fine, moins large et moins longue, appliquée sur la plus petite panicule de 14 épillets ayant donné 16 grains. La panicule la plus forte présente 24 épillets comptant 45 grains. Les témoins ont 44 grains en moyenne.

(¹) Séance du 22 janvier 1934.

(²) *Rep. of proc. of the 4th world's poultry Congress, London*, n° 32, 1930, p. 211.

Sur 61 grains récoltés et semés sans suralimentation embryonnaire, 56 ont donné des produits en 1933.

En plein champ, de sol maigre. 15 grains ont fourni 28 talles, tous



Avoine à panicules aux 5e et 6e nœuds.

avec panicule principale et panicule secondaire. Quelques gaines contiennent au surplus un faisceau de petites panicules. L'une des tiges au cinquième nœud donne une large gaine entourant une demi-gaine très mince, appliquée sur une hampe; une deuxième hampe filiforme donne un seul épillet normal et un autre avorté. Du cinquième nœud part encore une tige nouée normalement à 10cm plus haut avec gaine entourant une

tige à panicule unique. Poids des grains : $53^g,69$; témoins (15 issus des témoins de 1932) : $38^g,60$.

En terre riche de jardin, 41 pieds ont fourni $2^{kg},610$ de grain. Un même nombre de pieds témoins choisis comme précédemment a produit $1^{kg},940$. Sur les sujets 78 talles sont à panicule unique, 290 talles portent panicule principale et panicule secondaire. Presque tous ont au surplus un faisceau de 3 ou 4 et plus rarement 7 ou 8 petites panicules émergeant à peine de la gaine. Trois talles dont le sixième nœud est pourvu de deux panicules portent une panicule au cinquième nœud. Un cas se présente où la plante *affolée* émet gaine et panicule sur l'entre-nœud à $10^{cm},5$ du nœud inférieur et à $16^{cm},5$ du sixième nœud, lequel donne panicule principale, panicule secondaire et faisceau de quatre petites panicules. Autre anomalie : une gaine naît sur un pédoncule à $5^{mm}$ au-dessus de la base de la hampe qui, après s'être légèrement courbée, vient prendre place à l'intérieur de sa gaine. D'autres monstruosités présentent des caractères différents. Les avoines témoins ont des panicules dont la longueur ne dépasse pas $40^{cm}$ de l'étage inférieur de verticilles au sommet. Les avoines à trois panicules développent leurs épillets sur des longueurs qui atteignent $60^{cm}$.

Étant donné l'état actuel des connaissances sur l'hérédité des caractères acquis [1] il y a lieu de penser qu'il est possible d'obtenir de nouvelles races en faisant varier systématiquement l'alimentation embryonnaire.

AGRONOMIE. — *Maturation des grains de blé. Influence de quelques phénomènes physicochimiques.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. P. Viala.

On sait que, chez les végétaux, l'amidon qui s'accumule dans les organes de réserve résulte de la condensation des sucres simples ou complexes. Duchartre, autrefois, a émis l'hypothèse, confirmée récemment par l'abbé Colin et ses élèves, que l'amylogénèse peut se faire directement et sans scission, hydrolytique préalable, à partir des sucres les plus divers : saccharose (pomme de terre, colchique) maltose (*Bolbostemma pannicuatum*, Franquet) saccharose et stachyose (haricot vulgaire et haricot d'Espagne).

---

(1) Lucien Daniel, *Intern. Bot. Congress*, Cornell University, Ithaca, 2, 1925 p. 1024-1044.

Tout en étudiant spécialement les protéides du grain de blé en cours d'évolution, nous avons pu faire quelques constatations au sujet des sucres. Grâce à Jacques de Vilmorin, nous avons eu à notre disposition des tiges de blé (hybride Vilmorin 23) coupées au ras du sol, à la période où les grains étaient encore « en lait », c'est-à-dire quelques jours avant la maturité. Ces tiges liées en botte de 20$^{cm}$ de diamètre étaient livrées à notre laboratoire, 6 heures après la récolte. Aussitôt après réception et prises d'échantillons, les bottes étaient mises et conservées dans une chambre froide entre — 5° et — 7°.

I. En ce qui concerne les *hydrates de carbone*, nous avons seulement suivi le devenir des sucres solubles, en fonction du temps.

Dans chaque essai on sépare d'épis différents, 50 grains bien débarrassés des enveloppes de l'épillet, on en pèse 5$^{g}$ (environ 18 graines) qu'on broie, épuise, à trois reprises, avec de l'eau distillée refroidie aux environs de 0°. Après repos de 6 heures au froid, on centrifuge les 100$^{cm^3}$ d'extraction et l'on concentre à 25$^{cm^3}$.

Avec la liqueur de Fehling dedoublée (10$^{cm^3}$ = 0$^{g}$,25 de sucre interverti), on titre d'abord les sucres réducteurs, puis, après hydrolyse chlorhydrique, les sucres non réducteurs.

Nous donnons les moyennes de trois expériences (5$^{g}$ de graines) :

1° Prélèvement à la réception des bottes de blé : sucres réducteurs, 36$^{cm^3}$.27; sucres non réducteurs, 261$^{cm^3}$,45 (Fehling dédoublée);

2° Après 4 jours de séjour en chambre froide : sucres réducteurs, 10$^{cm^3}$,23; sucres non réducteurs, 81$^{cm^3}$,64 (Fehling dédoublée);

3° Après encore 4 jours, les sucres réducteurs avaient presque totalement disparu, et les non réducteurs ne pouvaient être dosés avec certitude par la macroanalyse.

Un fait important a coïncidé avec cette disparition progressive des sucres : une évaporation très notable d'eau, aux dépens des tissus, se traduisant par la présence de nombreux *cristaux de glace* au niveau des épis et plus particulièrement au centre de chaque botte. Peut-on attribuer cette disparition des sucres solubles à l'activité respiratoire des cellules végétales aux basses températures, ou bien est-elle fonction de la forte déshydratation qui conditionnerait leur condensation en amidon? Les dosages d'amidon n'ont pu être faits en nombre suffisant pour confirmer cette seconde hypothèse, d'un grand intérêt au point de vue de la biologie végétale.

II. L'étude des *protéines* a été conduite à l'aide de la méthode à l'acétone :

100$^{g}$ de grains verts « en lait », broyés en chambre froide, sont épuisés à quatre reprises, par 100$^{cm^3}$ d'eau distillée. Après repos de quelques heures, amenant le dépôt

de grains d'amidon et de granulations chlorophylliennes, on centrifuge les $400^{cm^3}$ de liqueur incolore, limpide.

Bien refroidie, on y ajoute $1^{vol},5$ d'acétone également froide et on laisse déposer à — 7° les gros flocons blancs grisâtres qui se forment, représentant la totalité des protéines dispersées.

Séparées par centrifugation, ces protéines sont mises en suspension dans $100^{cm^3}$ d'eau distillée; les albumines se dispersent, laissant insolubles les globulines qu'on isole à la centrifuge.

Une seconde précipitation acétonique (acétone à volume égal) de la solution d'albumine, suivie de centrifugation et de reprise par $50^{cm^3}$ d'eau, élimine encore de petites quantités de globuline. Enfin un troisième traitement achève la purification de l'albumine qui, séchée sur vide sulfurique, se présente sous l'aspect de lamelles blondes, soyeuses, complètement solubles dans l'eau en donnant une liqueur parfaitement limpide, de teinte champagne, de pouvoir rotatoire moyen : $\alpha_D = -54°$.

Les séparations ont donné pour $100^g$ de grains verts :

| | A la réception. | Après 4 jours au froid. | Après 8 jours au froid. |
|---|---|---|---|
| Globuline............. | $0^g,75$ | 0,53 | 0,34 |
| Albumine............. | $0^g,31$ | 0,22 | 0,18 |

Ces substances, non soumises à la dialyse contenaient de 5 à 11 pour 100 de matières minérales.

L'analyse élémentaire a fourni les résultats suivants, cendres déduites, pour 100 de matière séchée à 105° :

| Globuline. | | | Albumine. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| C. | H. | N. | C. | H. | N. |
| 47,1 | 8,4 | 12,4 | 45,7 | 7,6 | 9,1 |
| 47,4 | 8,2 | 12,6 | | | 9,4 |

*Conclusion.* — Ces toutes premières recherches mettent en lumière deux faits nouveaux :

1° la disparition aux basses températures, des sucres solubles coïncidant avec une active évaporation;

2° la présence, à côté de gluten déjà formé, *de deux protéines plus simples*, dispersables dans l'eau, l'une du *type globuline* insoluble dans l'eau pure, l'autre du *type albumine* soluble.

A la température du laboratoire ($t = 26$ en moyenne) l'évaporation est très rapide. En 2 jours les grains verts perdent 35 pour 100 environ d'eau, deviennent blonds, durs; en même temps les sucres solubles disparaissent et l'on ne retrouve plus que du gluten.

*La maturation du blé*, caractérisée par un processus général de condensation, de polymérisation des sucres (amylogénèse) et des protéines simples

(glutinogénèse) serait régie bien moins *par des réactions biologiques que par des phénomènes physicochimiques* commandés par la déshydratation plus ou moins rapide des tissus végétaux.

ZOOLOGIE. — *Le pouvoir régénérateur chez les Crevettes. Relations avec la mue et existence d'un seuil critique de différenciation du régénérat.* Note de Mme **L. Nouvel**, présentée par M. Ch. Gravier.

Au cours d'observations effectuées sur des Palémons (*Leander serratus* Penn.) élevés en captivité, mon attention a été attirée par la rapidité avec laquelle ces animaux parviennent à régénérer des pattes thoraciques amputées. C'est ainsi que, dans certains cas, des moignons comprenant seulement les deux articles basaux (coxopodite et basipodite) régénèrent totalement l'appendice après trois mues consécutives.

Afin de préciser les processus de la régénération et les relations entre la mue et le pouvoir régénérateur, j'ai maintenu en aquarium, durant les mois d'été, des *Leander* soumis à des traumatismes expérimentaux. J'ai opéré la section à des niveaux différents : il ne sera ici question que des résultats relatifs aux animaux amputés au plan d'autotomie.

Je considérerai d'abord ce qui se passe chez des individus opérés immédiatement après une mue. Les phénomènes qui se produisent dans l'intervalle de temps limité par la prochaine mue (une quinzaine de jours, pour les animaux de taille moyenne) peuvent être groupés en trois périodes :

*Première période.* — Au bout de quelques heures, il s'est formé un caillot cicatriciel, de teinte claire, qui prend l'aspest d'une croûte brunâtre après 24 heures. Après deux jours, quelques légères voussures dessinent des taches claires sur la cicatrice. Au bout de trois jours, toute la surface cicatricielle est renflée.

*Deuxième période.* — Un bourgeon se forme qui se développe jusqu'à atteindre $2^{mm}$ environ mais reste en apparence indivis. Cette période se termine en général au bout du neuvième jour.

*Troisième période.* — Les articles se dessinent et s'organisent dans le sens centripète. Durant toute cette période la croissance est infime. S'il s'agit d'un péréiopode terminé par une pince, celle-ci reste enrobée. Cette période dure jusqu'à la prochaine mue.

A cette mue, le régénérat, dont la chitine tombe également, subit une

certaine croissance et il a désormais l'allure d'une patte en miniature, qui atteindra sa longueur définitive après deux autres mues.

Considérons maintenant le cas des animaux amputés à des temps de plus en plus éloignés d'une mue :

1° L'amputation a été faite de façon que les processus de régénération aient pu avoir lieu, sans qu'il y ait mue, au moins au début de la troisième période définie plus haut. Dans ce cas, dans la courte période de croissance qui suit le rejet de l'exuvie, le bourgeon donne la miniature de la patte. En définitive, tout se passe comme plus haut, mais la troisième période a été simplement écourtée.

2° La section a été opérée de manière que la cicatrice ou le bourgeon, lors de la prochaine mue, ne soient qu'à la première ou à la deuxième phase de la régénération. Dans ce cas, la membrane qui recouvre le bourgeon ne tombe pas et le régénérat continue son évolution sans participer à la brusque croissance qui affecte toutes les parties du corps. Contrairement au cas précédent, la troisième période est allongée.

Chez le Crabe, *Carcinus mænas*, Abeloos (¹) a montré que le pouvoir régénérateur des appendices se manifeste seulement un certain temps après une mue et cesse bien avant le rejet de l'exuvie. J'ai exposé plus haut que chez *Leander*, il n'y a jamais de période d'inactivité. Sans doute y a-t-il une relation entre le pouvoir régénérateur et la fréquence des mues : chez les Crabes, animaux qui muent très rarement, l'activité morphogénétique ne se manifeste que pendant la sécrétion de la nouvelle carapace; chez les Crevettes au contraire, la persistance de l'activité régénératrice est peut-être l'indice que la sécrétion de la chitine se produit de façon continue.

Les observations que je viens de mentionner mettent en lumière un autre fait : l'existence d'un stade de différenciation du régénérat, en deçà duquel ce dernier ne participe ni à la mue, ni à la croissance qui suit ce phénomène. Je propose de désigner ce stade sous le nom de *seuil critique de différenciation*.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 1613.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Action des rayons infrarouges, visibles et ultraviolets sur l'alexine hémolytique (complément) et spectre d'absorption du sérum de cobaye.* Note [1] de MM. **M. Paić** et **P. Haber**, présentée par M. G. Urbain.

Dès 1910, Baroni et Jonesco-Mihaesti [2] ont signalé l'action destructive des rayons de la lampe à vapeur de mercure sur l'alexine. Depuis, leurs données ont été confirmées par de nombreux auteurs [3], lesquels attribuent l'inactivation de l'alexine uniquement à l'action des rayons ultraviolets.

Sur l'initiative de M. C. Levaditi, nous avons repris ces recherches à l'Institut Alfred Fournier, afin de préciser la nature du rayonnement actif et les transformations physicochimiques du sérum de cobaye, utilisé dans un système hémolytique.

Outre l'action du rayonnement global de la lampe à mercure [4], nous avons étudié l'action de ses rayons infrarouges, visibles et ultraviolets isolés à l'aide des filtres de Schott RG 8, GG 3 et UG 2. Le sérum de cobaye était irradié soit dans une cuve de Scheibe de 5^mm^ d'épaisseur, soit dans un tube en quartz de 7^mm^ de diamètre intérieur. L'alexine était à 15^cm^ du brûleur.

Nos recherches autorisent les conclusions suivantes :

1° L'action inhibitrice du rayonnement total est appréciable après 30 minutes d'irradiation. La destruction est complète après 10 heures.

2° Le rayonnement infrarouge entrave également l'action complémentaire du sérum. Les rayons visibles et ultraviolets agissent d'une manière analogue. L'action des rayons filtrés est relativement plus faible que celle du rayonnement total.

On pourrait penser que les phénomènes observés sont dus à l'augmenta-

---

(1) Séance du 29 janvier 1934.

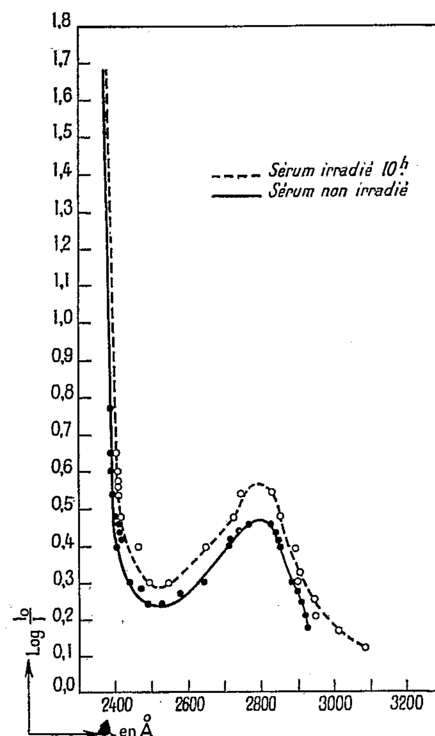
(2) Baroni et Jonesco-Mihaesti, *C. R. Soc. Biol.*, 68, 1910, p. 393; 69, p. 273.

(3) R. Doerr et J. Moldovan, *Wr. klin. Wochenschr*, 24, 1911, p. 55; S. Abflin et O. Stiner, *Ztschr. f. Immfschg.*, Orig. 19, 1913, p. 1; P. Courmont, Nogier et A. Dufour, *C. R. Soc. Biol.*, 74, 1913, p. 1152; V. Schaffidi, *Biochem. Ztschr*, 69, 1915, p. 162; E. G. Lundberg, *J. of Immun.*, 7, 1922, p. 300; F. Friedberg et V. Scimone, *Ztschr. f. Immfschg.*, Orig. 37, 1923, p. 341.

(4) Lampe de quartz à vapeur de mercure consommant 450 watts.

tion de la température pendant l'irradiation. Or, dans nos expériences, la température du sérum ne s'élevait pas plus de deux à trois degrés au-dessus de la température ambiante. D'autre part les expériences faites avec du sérum maintenu constamment à 12° ont donné les mêmes résultats.

3° La courbe en traits pleins de la figure représente la densité optique du




Spectres d'absorption dans l'ultraviolet du sérum de cobaye, dilué dans le rapport 1 : 3 avec de l'eau physiologique. Épaisseur de la couche $0^{mm},414$.

sérum de cobaye en fonction de la longueur d'onde. Le sérum était dilué avec de l'eau physiologique dans le rapport 1 : 3. Les densités optiques sont calculées pour une couche de $0^{mm},414$ d'épaisseur. La courbe présente un maximum à 2800 Å ($\log I_0/I = 0,46$) et un minimum à 2520 Å ($\log I_0/I = 0,24$). On retrouve donc les maxima aux mêmes longueurs d'onde que dans le cas du sérum humain [1]; toutefois la densité optique du sérum de cobaye est pour toutes les longueurs d'onde, d'environ 30 pour 100 plus faible.

[1] M. PAIC, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 286.

4° La disparition de la fonction alexique du sérum est accompagnée d'un changement de sa couleur et d'un dégagement d'odeur fétide. Les spectres d'absorption dans l'ultraviolet du sérum frais de cobaye et du même sérum irradié pendant dix heures avec le rayonnement total sont différents (voir figure). La densité optique du sérum irradié (courbe pointillée) est plus grande que celle du sérum non irradié. On constate donc une action photochimique très marquée sur les protéines sériques.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Mise en évidence de la protoporphyrine du sang par le spectre de fluorescence de son complexe stanneux.* Note [1] de MM. H. Bierry et B. Gouzon, présentée par M. A. Desgrez.

Dans une précédente Communication [2] nous avons montré que l'examen des spectres de fluorescence, déjà employé par Dhéré pour d'autres buts, puis par nous-mêmes pour l'étude des porphyrines de l'œuf, pouvait être utilisé pour identifier le sang déposé sur du linge ou des vêtements.

A cet effet, en traitant les macérations de taches de sang par le chlorure stanneux, dans des conditions déjà précisées, on obtient avec la porphyrine mise en liberté un complexe dont le spectre de fluorescence est caractérisé par la présence de deux bandes dans le rouge.

Quelle est la nature du complexe ainsi formé? Milroy, qui en a indiqué les temps de préparation, puis Smadja, en font un dérivé stanneux de l'hématoporphyrine.

Nous avons nous-mêmes adopté tout d'abord cette manière de voir, puis des doutes nous sont venus à l'esprit, à la suite de recherches paralèles entreprises sur les porphyrines de la coquille de l'œuf.

On sait en effet que, dans la préparation de l'hématoporphyrine, la présence d'un acide fort ($SO^4H^2$ ou HBr) est nécessaire pour la transformation de l'hématine en cette porphyrine.

Comment expliquer dès lors que le chlorure d'étain, en milieu faiblement acide, transformerait la protoporphyrine de l'hématine, car c'est la protoporphyrine qui, d'après Hans Fischer, entre dans la constitution du pigment sanguin, en hématoporphyrine, alors que ce même corps, agissant

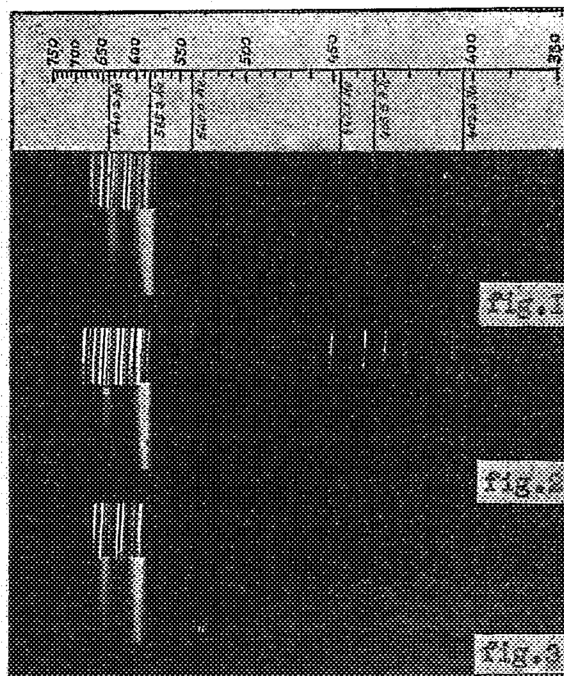
(1) Séance du 29 janvier 1934.

(2) *Bull. Acad. Méd.*, 107, 1932, p. 635.

dans les mêmes conditions d'acidité et de milieu sur la porphyrine des coquilles d'œuf, donne le dérivé stanneux de la protoporphyrine?

Nous avons donc repris l'étude du complexe stanneux en isolant, dans les divers temps de l'opération, les produits formés, afin de les identifier de façon certaine.

*Mode opératoire.* — Trois gouttes de sang sont mélangées en agitant




à 10$^{cm^3}$ d'acide acétique glacial; on ajoute cinq gouttes de $SnCl^2$ à 35 pour 100 dans $HCl^2N$ et l'on fait bouillir une minute : la coloration du liquide passe du brun au rouge verdâtre. C'est le stade Porphyrine. On dilue alors la solution avec 30$^{cm^3}$ d'eau distillée, puis on l'épuise dans une ampoule à décantation avec 5$^{cm^3}$ de chloroforme. La porphyrine passe dans le chloroforme : elle est donc chloroformosoluble comme la protoporphyrine, alors que l'hématoporphyrine ne l'est pas, et c'est là un premier caractère distinctif.

De plus, si l'on enregistre côte à côte les trois spectres de fluorescence de dérivés stanneux obtenus respectivement avec l'hématoporphyrine vraie, la protoporphyrine de l'œuf d'oiseau et la porphyrine extraite du sang par $SnCl^2$, des différences très nettes apparaissent. En effet les positions des deux bandes de fluorescence sont les suivantes :

| | |
|---|---|
| Protoporphyrine vraie + Sn, | Axes = 582 et 632$^{m\mu}$ (*fig.* 1), |
| Hématoporphyrine vraie + Sn, | Axes = 576 et 626$^{m\mu}$ (*fig.* 2), |
| Porphyrine du sang + Sn, | Axes = 582 et 632$^{m\mu}$ (*fig.* 3). |

Il ressort nettement que le dernier complexe présente les caractéristiques spectrales du dérivé stanneux de la protoporphyrine et non celui de l'hématoporphyrine. C'est le repérage excellent obtenu avec le spectre du Néon qui nous a permis, grâce aux nombreuses raies qu'il présente depuis le jaune jusqu'à l'extrême rouge, cette délimitation.

Le chlorure stanneux agissant en milieu faiblement acide sur l'hématine en détache le fer et libère la porphyrine sans transformation chimique, alors qu'un acide concentré et fort, agissant dans les mêmes conditions, enlève $H^2$ à la protoporphyrine et la transforme en hématoporphyrine. C'est par une réaction du même genre que H. Fischer sépare la protoporphyrine de l'hémoglobine : il fait agir sur l'hématine l'acide formique en présence de fer métallique qui joue le rôle de catalyseur [1].

*Conclusion.* — Dans l'action du chlorure stanneux sur l'hématine et sur l'hémoglobine, prend naissance un complexe qui, par son spectre de fluorescence, peut être identifié avec certitude au dérivé stanneux de la protoporphyrine. Cette dernière est donc bien la porphyrine qui entre dans la constitution de l'hémoglobine; elle est de plus identique à celle qui se trouve dans les coquilles d'œufs tachetés ou fortement pigmentés.

GÉNÉTIQUE. — *La létalité des Souris anoures et brachyoures, statistique des embryons abortifs.* Note de M. N. **Kobozieff**, présentée par M. M. Caullery.

On connaît chez les Souris trois mutations dominantes, accompagnées d'un effet létal, qui tue les homozygotes relatifs à l'une ou l'autre de ces mutations : 1° *robe de couleur jaune;* 2° *panachure dominante;* 3° *queue raccourcie ou absente.*

Le gène de la couleur *jaune* est représenté ordinairement par le symbole $A^y$, celui de la panachure dominante par W et celui de la queue courte ou absente par T. On considère que chacun de ces gènes est toujours accompagné par un gène létal récessif *l*. De sorte qu'il ne se forme que deux catégories de gamètes : les uns porteurs des gènes $A^y l$, $Wl$, $Tl$ et les

(1) H. Fischer et B. Pützer, *Zeitsch. f. physiol. Chem*, **154**, 1926, p. 39.

autres porteurs de gènes allélomorphiques *a*L, *w*L, *t*L. Les gamètes correspondant aux deux autres combinaisons possibles de gènes ($A^y$ L ou *al*, WL ou *wl*, TL ou *tl*), par suite de liaisons absolues entre $A^y$, W, T et *l* d'une part, ou entre *a*, *w*, *t* et L d'autre part, n'existent pas. Ces trois mutations ont, par suite, les traits communs suivants :

1° Les mutants croisés entre eux, au lieu de donner la ségrégation habituelle 1 : 2 : 1 donnent une descendance 2 : 1; les homozygotes dominants (TT*ll*, $A^yA^y$*ll*, WW*ll*) n'apparaissent pas. Les trois mutations ne se perpétuent qu'à l'état hétérozygote (T*t*L*l*, $A^y$*a*L*l*, W*w*L*l*). La fécondité, mesurée par le nombre moyen des individus viables par portée, s'en trouve abaissée.

2° Les mutants, croisés avec des souris normales, donnent une ségrégation du type 1 hétérozygote : 1 normale (homozygote récessif).

Ces conclusions résultent de l'ensemble des recherches de Cuénot (1905, 1908), Castle et Little (1910), Little (1911), Durham (1908, 1911), Dunn (1916), Plate (1918), pour les souris *jaunes*, de Little (1915, 1916, 1919), Dunn (1920), So et Imaï (1920) pour les souris *blanches à yeux noirs* (*panachure dominante*), de Lang (1914), Duboscq (1922), Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et Kobozieff (1927, 1930) pour les souris *à queue courte ou absente*.

Les recherches de Kirkham (1917, 1919), Ibsen et Steigleder (1917) sur la souris *jaune*, de Dobrovolskaïa-Zavadskaïa et Kobozieff (1930), Chesley (1932), Ephrussi (1933), sur la souris *à queue courte*, ont montré, à la dissection des utérus gravides, la présence, dans les croisements entre deux hétérozygotes, de 25 pour 100 d'embryons abortifs. De Aberle (1925), chez les souris *blanches à yeux noirs*, a constaté que tous les homozygotes dominants meurent d'anémie entre le 1er et 8e jour après la naissance (action sublétale).

Nos statistiques se résument dans les tableaux suivants :

Les produits de ces croisements ont été étudiés, d'une part à la naissance, d'autre part dans les utérus gravides disséqués entre le 13e et 19e jour de la gestation. A cette période, les diverses catégories d'embryons (état normal, anourie ou brachyourie, létalité) sont facilement reconnaissables.

A titre de témoins, nous avons disséqué 23 femelles normales fécondées par des mâles normaux (N × N) et trouvé 147 embryons tous vivants, soit 6,4 par portée. Aucun des embryons ne présentait de raccourcissement de la queue.

TABLEAU I. — *Croisements de deux hétérozygotes* (Anoures × Anoures ou Brachyoures), *soit, en formules génotypiques :* $TtLl \times TtLl$.

| | Proportions des descendants | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | à la naissance. | | | | dans les utérus gravides. | | | |
| Formules génotypiques des descendants. | TT*ll*. | T*t*L*l*. | *tt*LL. | Total. | TT*ll* (abortifs). | T*t*L*l*. | *tt*LL. | Total. |
| Proportions théoriques........ | 0 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| Nombres observés............ | 0 | 1145 | 610 | $n = 1755$ | 41 | 87 | 50 | $n = 178$ |
| Nombres calculés ($q$)......... | 0 | 1170 | 585 | $n = 1755$ | 44,5 | 89 | 44,5 | $n = 173$ |
| Probabilité d'écart $\pm\sqrt{\frac{q(n-q)}{n}}$... | - | ±19,74 | ±19,74 | - | ±5,78 | ±6,67 | ±5,78 | - |
| Écart observé............... | - | − 2,5 | + 2,5 | - | −3,5 | −2 | +5,5 | - |
| Nombres de portées.......... | 424 | | | | 26 | | | |
| Nombres moyens d'individus viables, par portée ([1])...... | 4,1 | | | | 5,3 | | | |

TABLEAU II. — *Croisements d'un hétérozygote* (anoure) *avec un homozygote récessif* (normal), *soit en formules génotypiques :* $TtLl \times ttLL$.

| | Proportions des descendants | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | à la naissance. | | | dans les utérus gravides. | | | |
| Formules génotypiques des descendants. | T*t*L*l*. | *tt*LL. | Total. | Embryons abortifs. | T*t*L*l*. | *tt*LL. | Total. |
| Proportions théoriques.......... | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| Nombres observés.............. | 372 | 426 | $n = 798$ | 7 ([2]) | 73 | 71 | $n = 151$ |
| Nombres calculés ($q$)........... | 399 | 399 | $n = 798$ | 0 | 75,5 | 75,5 | $n = 151$ |
| Probabilité d'écart $\pm\sqrt{\frac{q(n-q)}{n}}$. | ±15,84 | ±15,84 | | | ±6,41 | ±6,41 | |
| Écart observé ([3])............. | −27 | +27 | | | −2,5 | −4,5 | |
| Nombres de portées............ | 157 | | | 25 | | | |
| Nombres moyens d'individus viables par portée............. | 5,1 | | | 5,6 | | | |

([1]) L'écart entre les deux nombres 5,3 et 4,1 correspond, pour une part au moins, aux jeunes souriceaux qui n'ont pu être recensés à la naissance, étant morts par suite de circonstances indépendantes de l'hérédité (refroidissement, etc.), et, en général, ayant été immédiatement dévorés par la mère.

([2]) L'existence de ces embryons abortifs n'est pas prévue par la théorie. D'autre part, il n'a pas été possible de reconnaître leur nature (anoures, brachyoures, ou normales). Étant donnée l'égalité des nombres (73 et 71) des deux autres catégories, on peut supposer que les embryons abortifs se répartissent également dans celles-ci.

([3]) La prédominance des normales par rapport aux anormales (qui atteint deux fois la probabilité théorique d'écart dans les croisements anoures × normales), est due

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les propriétés de la toxine tétanique rendue hypertoxique (Hypertoxine).* Note (¹) de MM. **René Legroux** et **Gaston Ramon**, présentée par M. E. Leclainche.

Il y a dix ans l'un de nous faisait connaître, ici même, qu'une toxine bactérienne, diphtérique ou tétanique, pouvait, sous l'influence combinée du formol et de la chaleur, donner naissance à un dérivé inoffensif; c'est à ce dérivé, qui a perdu la nocivité de la toxine dont il est issu mais en a gardé le pouvoir floculant et la valeur antigène, qu'a été donné le nom d'*anatoxine* (²).

Dans la présente Note nous montrerons que la toxine tétanique peut naturellement se transformer, ou peut artificiellement être transformée, en un dérivé hautement pathogène que nous proposons de dénommer *hypertoxine*.

Au cours d'essais que nous poursuivons depuis plusieurs années sur la production de la toxine tétanique nous avons observé qu'une certaine acidité est favorable à l'élaboration par le bacille tétanique d'une toxine douée d'un pouvoir toxique élevé (³).

Nous avons donc été amenés, en premier lieu, à modifier la composition de nos bouillons par l'adjonction de substances propres à entraîner une acidité terminale du milieu, après le développement bactérien; nous avons étudié, en second lieu, les conséquences d'une addition d'acide au filtrat tétanique.

Un de nos bouillons présentait après douze jours de culture à 37° une réaction nettement acide ($pH = 4,7$), le filtrat de ce bouillon titrait 7 unités de floculation et tuait le cobaye à la dose de 1/500000ᵉ de centimètre cube. Par alcalinisation ($pH = 7,5$) cette hypertoxine, naturellement obtenue, ne tuait plus le cobaye qu'à la dose de 1/30000ᵉ de centimètre cube. Il nous a donc semblé que l'hypertoxicité était liée à l'acidification du liquide.

---

aux progéniteurs normaux n'ayant aucune parenté avec la souche mutante. Ainsi (voir *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1458) les progéniteurs A ou $A_r$ croisés avec $N_m$ donnent 242 A ou Br pour 242 N tandis que A ou $A_r$ croisés avec N donnent 130 A ou Br pour 184 N.

(¹) Séance du 29 janvier 1934.

(²) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1338.

(³) R. Legroux et G. Ramon, *C. R. Soc. Biol.*, 113, 1933, p. 861.

Ayant constaté que les bouillons tétaniques naturellement hypertoxiques dégageaient une odeur butyrique, c'est l'acide butyrique que nous avons d'abord choisi pour étudier les conséquences de l'acidification artificielle de la toxine tétanique.

Une toxine alcaline (pH = 7,5) qui tue le cobaye à 1/100000$^e$ de centimètre cube, est amenée à pH = 4 ou moyen d'une solution d'acide butyrique, elle tue alors le cobaye à la dose de 1/3000000$^e$ de centimètre cube. Un second échantillon de toxine tétanique, obtenue avec un milieu différent, et d'alcalinité pH = 8, tue le cobaye à la dose de 1/20000$^e$ de centimètre cube; après addition d'acide qui l'amène à pH = 4,5, la dose mortelle est de 1/200000$^e$ de centimètre cube. Une autre toxine, enfin (pH = 7,2), tue le cobaye en 4 jours à la dose de 1/120000$^e$ de centimètre cube, ramenée à l'aide d'acide butyrique à pH = 3, elle donne un dérivé hypertoxique qui tue le cobaye à la dose de 1/10000000$^e$ de centimètre cube.

Avec un acide minéral, l'acide chlorhydrique, le même phénomène se produit, cependant la toxicité d'un filtrat ainsi ramené à pH = 3,2 se trouve considérablement diminuée, et le même échantillon de toxine ramené à pH = 2 semble avoir perdu tout pouvoir toxique. Ces faits nous font envisager que dans l'action des acides sur les toxines il ne s'agit pas exclusivement de la concentration en ions H, mais aussi de la nature chimique de l'acide employé.

Ainsi sous l'influence d'un acide une toxine tétanique peut se transformer en un dérivé nouveau hypertoxique qui garde la toxicité spécifique : les animaux qui ont reçu, par exemple, 1$^{cm^3}$ d'une dilution à 1/10000000$^e$ de centimètre cube (dans l'eau physiologique pH = 7), de l'un de nos échantillons, sont morts après avoir présenté les signes caractéristiques de l'intoxication tétanique. Une telle hypertoxine injectée à la dose de 1/50000000$^e$ de centimètre cube donne encore les contractures locales tétaniques.

La transformation de la toxine en son dérivé hypertoxique n'est pas instantanée, et elle est accélérée par un séjour de quelques heures à l'étuve à 37°. Cette transformation en hypertoxine est réversible : par alcalinisation (pH = 7) du bouillon hypertoxique (pH = 4) la toxicité s'abaisse jusqu'à celle de la toxine origine; une acidification nouvelle transforme à nouveau la toxine en hypertoxine (1).

(1) Ajoutons que l'anatoxine tétanique additionnée d'acide ne fait preuve d'aucune toxicité.

En même temps que la toxine tétanique se transforme en son dérivé hypertoxique, ses autres propriétés, pouvoir floculant et pouvoir neutralisant *in vitro* comme *in vivo*, se trouvent plus ou moins affaiblies; cet affaiblissement est définitif, l'alcalinisation seconde ne régénère pas, par exemple, la portion disparue du pouvoir neutralisant.

Une même toxine tétanique peut donc être transformée artificiellement, grâce à des actions chimiques différentes en deux dérivés à propriétés opposées : l'anatoxine d'une part et l'hypertoxine d'autre part.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la transformation du virus rabique fixe en virus des rues*. Note (1) de M. S. **Nicolau** et Mme L. **Kopciowska**, présentée par M. F. Mesnil.

Une des particularités principales conférées au virus rabique fixe par l'adaptation à l'encéphale du lapin, et qui a été mise en évidence par les travaux de Babès, de Schiffmann, de Levaditi, Nicolau et Schœn, est la perte de la propriété de provoquer la formation des corps de Negri dans la corne d'Ammon. Les expériences de Ch. Nicolle et Ét. Burnet, de Levaditi, Schœn et Mezger, sur la *transformation du virus rabique fixe en virus des rues*, ont donné des résultats négatifs et ont fait penser que la mutation qui aboutit au virus fixe est un phénomène irréversible. Nos expériences sur ce problème ont été plus heureuses que celles de nos devanciers. Nous sommes partis de quelques données établies par nos travaux antérieurs : le virus rabique des rues, introduit dans le cerveau des lapins, se disperse par voie nerveuse centrifuge (2) dans tout l'organisme et engendre le phénomène de septinévrite (3), se logeant partout où il y a un filet nerveux ou un neurone; le virus fixe, introduit par la même voie, se dissémine dans le système nerveux d'une manière plus inconstante (4) que le virus des rues. Si ce dernier provoque constamment la septinévrite, c'est parce que dans la nature il est entraîné à cheminer le long des nerfs (de la morsure vers le névraxe, et ensuite du névraxe vers la périphérie, ce qui rend la bave viru-

(1) Séance du 29 janvier 1934.

(2) S. Nicolau et I. A. Galloway, *C. R. Soc. Biol.*, 98, 1928, p. 31.

(3) S. Nicolau, O. Dimancesco et I. A. Galloway, *Ann. Inst. Pasteur*, 43, 1929, p. 1-88.

(4) S. Nicolau et V. Serbanesco, *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1928, p. 294.

lente). Le virus fixe, entraîné à cultiver de l'encéphale, perd en partie la propriété de cheminer le long des nerfs; l'expérience montre, par l'inconstance de la septinévrite et par l'innocuité de l'inoculation cutanée ([1]), son aptitude diminuée à la dissémination nerveuse centrifuge ou centripète.

En présence de ces notions, nous avons formulé l'hypothèse suivante : l'adaptation d'un virus à un tissu spécial (encéphale) opère une sélection dans la masse des germes; comme corollaire, le nombre des germes habitués à cultiver dans les cellules encéphaliques s'enrichit dans le virus fixe, tandis que celui des éléments habitués à cheminer et à cultiver dans les troncs nerveux s'appauvrit. Les neurones du cerveau en général, ceux de la corne d'Ammon en particulier, ne peuvent pas résister à l'action des éléments habitués à cultiver dans l'encéphale (virus fixe), en sorte que les corps de Negri [qui sont une des formes de résistance de la cellule ([2])] n'apparaissent pas. Mais, si dans une souche prédominent les éléments habitués principalement à cheminer et à cultiver dans les nerfs (virus des rues), les neurones encéphaliques lutteront davantage, il y aura formation de corps de Negri, l'incubation de la maladie sera plus longue et l'animal succombera plus tard. Si cette hypothèse est juste, l'entraînement systématique d'un virus fixe sur les nerfs périphériques lui restituera, en partie au moins, la propriété de cultiver et de cheminer dans les nerfs, et en même temps la faculté de provoquer dans les neurones encéphaliques de nombreux corps de Negri, à l'exemple du virus des rues.

Pour vérifier cette prémisse, nous avons fait des expériences. Une souche de virus rabique, passée de cerveau à cerveau sur lapins depuis près de six années dans notre laboratoire, provoquait dans la corne d'Ammon l'apparition de 1 à 4 corpuscules de Negri pour 100 cellules ganglionnaires, d'ailleurs petits et peu oxyphiles. La mort des lapins survenait régulièrement en 9 à 11 jours; c'était bien une souche de virus fixe. Néanmoins, comme sa mutation n'était pas très ancienne, nous l'avons choisie pour prouver, par passage de nerf à nerf, la réversibilité de cette mutation. Nous avons inoculé ce virus dans le nerf sciatique *droit* des lapins; à la mort des animaux, des émulsions faites avec leur sciatique *gauche* servaient à inoculer, toujours dans le sciatique *droit*, d'autres animaux; à la mort de ces derniers, on prélevait à nouveau le sciatique *gauche*, et ainsi de suite. Par ailleurs, les émulsions de sciatique gauche étaient inoculées

---

([1]) C. Levaditi, S. Nicolau et R. Schoen, *Ann. Inst. Pasteur*, 40, 1926, p. 973.

([2]) S. Nicolau, L. Kopciowska et M. Mathis, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 288.

dans le cerveau de lapins de contrôle pour faire le dénombrement des corps de Negri dans la corne d'Ammon.

Deux lignées de passages ont été obtenues, avec beaucoup de peine, puisque, surtout au début de nos expériences, les passages de nerf à nerf s'arrêtaient à cause de la carence septinévritique du virus fixe. Ces expériences, échelonnées sur plus d'une année, nous permettent, d'ores et déjà, d'affirmer que la transformation du virus fixe en virus des rues est possible, si l'on en juge par le nombre et la dimension des corps de Negri, qui, dès le quatrième ou le cinquième passage de nerf à nerf, se trouvent dans la corne d'Ammon des lapins de contrôle; or nous en sommes, dans une lignée au dixième et dans l'autre au onzième passage. Dans la corne d'Ammon des lapins inoculés sous la dure-mère avec l'émulsion de sciatique *gauche* (opposé au nerf inoculé), le nombre des corps de Negri aux deuxième, troisième, quatrième et septième passages est respectivement de 11, 62, 17 et de 102 pour 100 neurones dans une lignée, et de 28, 21, 160 et 92 pour 100 neurones dans l'autre. Ajoutons encore que, dans les *ganglions spinaux* des animaux des troisième, cinquième et sixième passages de nerf à nerf, nous avons dénombré, dans une lignée, 209, 208 et 168 corps de Negri pour 100 cellules nerveuses; dans l'autre lignée, 300, et 152 pour le troisième et le quatrième passage; or, on sait que le virus fixe ne provoque pas la formation des corps de Negri à ce niveau. Nos expériences se poursuivent par des passages de nerf à nerf chez le chien; en même temps, nous essayons de transformer en virus « Negrigène » d'autres virus fixes, en particulier celui utilisé à l'Institut Pasteur pour la vaccination antirabique.

Conclusions. — *Un virus rabique fixe, passé en série de nerf à nerf, sur lapins, pendant plus d'une année, a récupéré la propriété, réputée comme caractérisant les virus rabiques des rues, de provoquer la formation des corps de Negri dans la corne d'Ammon. Ce résultat, qui sera poursuivi, donnerait à penser que la mutation d'un virus des rues en virus fixe puisse être réversible.*

La séance est levée à $15^h45^m$.

E. P.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 12 FÉVRIER 1934.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de certains organomagnésiens par entraînement.* Note [1] de M. V. GRIGNARD.

La préparation des organomagnésiens mixtes ne donne pas lieu, en général, à de sérieuses difficultés, soit qu'elle s'amorce d'elle-même, à froid ou à chaud, ou que l'on catalyse le départ de la réaction par addition d'une goutte de brome, d'une parcelle d'iode, d'une faible quantité d'iodure de méthyle ou de bromure d'éthyle.

Dans certains cas cependant, on se heurte à une inertie manifeste des réactifs, en dehors, bien entendu, de la présence d'une impureté jouant le rôle d'inhibiteur. Malgré l'emploi de limaille de magnésium, accompagné d'une agitation ou d'un chauffage continus, on n'arrive qu'à des résultats médiocres et parfois complètement nuls. C'est ainsi qu'on a essayé vainement, par divers procédés, de préparer le magnésien du bromovératrol, le dimagnésien du *p*-dibromobenzène, etc.

La raison de ces échecs n'apparaît pas nettement. Si, dans certains cas, comme celui du bromopentaméthylbenzène, on peut songer à un empêchement stérique, cette raison ne semble pas pouvoir être invoquée pour les composés cités ci-dessus, puisque l'on a pu préparer les magnésiens de l'iododiméthylrésorcine [2] et du *p*-diiodobenzène [3]. Il semble plutôt

---

(1) Séance du 5 février 1934.

(2) KAUFMANN, *D. ch. Ges.*, 52, 1919, p. 1421.

(3) THOMAS, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 218; BRUHAT et THOMAS, *ibid.*, 183, 1926, p. 297.

que cette inertie apparente soit due, le plus souvent, à ce que l'éthérate magnésien est complètement insoluble dans le milieu réactionnel et que les premières molécules de celui-ci qui prennent naissance colmatent immédiatement tous les pores, tous les points d'attaque du métal, et empêchent la réaction de se continuer. Ceci paraît possible sans que le magnésium perde son éclat métallique parce qu'au début, les points sur lesquels l'attaque est possible, du fait de l'état physique, sont, sans doute, très peu nombreux.

J'ai pensé que si l'halogénure récalcitrant était accompagné, en quantité convenable, d'un halogénure très actif vis-à-vis du magnésium et donnant un magnésien très soluble, la vivacité de cette réaction accessoire suffirait pour décaper constamment la surface métallique, peut-être, aussi, activer le premier halogénure et lui permettre de poursuivre sa transformation.

J'ai choisi comme halogénure auxiliaire le bromure d'éthyle, en raison de ses propriétés et de son prix. On l'ajoute à l'halogénure étudié et l'on opère avec ce mélange comme dans les cas ordinaires; il ne s'agit donc plus d'un décapage préalable du magnésium, comme on l'a déjà fait tant de fois, de divers côtés, mais d'une action continue, soit sur le métal, soit sur l'halogénure, ou sur les deux simultanément.

J'ai fait étudier cette méthode par trois de mes élèves, jusqu'à présent, sur les composés suivants qui résistent d'une façon absolue [1] à la méthode classique : bromopentaméthylbenzène (Henri Clément), *p*-bromobromure de benzyle (Daniel Y. Chang), *p*-dibromobenzène et bromovératrol (Hu Chia Hsi).

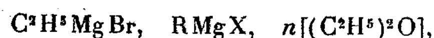
Les résultats ont été positifs dans tous les cas et parfois excellents. Des essais nombreux ont montré que les meilleurs rendements sont obtenus lorsque la quantité de bromure d'éthyle atteint, au moins, une molécule par groupement magnésien à engendrer. Or il a été établi assez approximativement par divers expérimentateurs que l'éthérate magnésien, en solution, possède une molécule double. En rapprochant ces deux faits, on est amené à entrevoir le mécanisme de l'entraînement de la façon suivante :

---

[1] Le *p*-dibromobenzène et le *p*-bromobromure de benzyle réagissent dans les conditions habituelles, par un seul atome de brome. Cependant en opérant sur le premier, dans des conditions spéciales, Quelet (*Bull. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 933), dans une atmosphère d'hydrogène, a pu obtenir 12,8 pour 100 de dimagnésien; Gilman, Beaber et Jones (*Rec. Tr. ch. P.-B.*, 48, 1929, p. 598), en employant un alliage de magnésium et de cuivre, ont atteint un rendement de 23,5 pour 100.

L'halogénure étudié étant représenté par RX, la molécule double, au lieu de rester symétrique, devient mixte; elle se constitue avec les éthérates de RMgX et de $C^2H^5MgBr$, et, vraisemblablement, la présence de $C^2H^5MgBr$ donne à ce complexe une solubilité (ou un état physique particulier) qui lui permet d'abandonner la surface du métal. La réaction peut ainsi se poursuivre assez loin, surtout si le magnésium est en excès. Mais ceci n'exclut pas la possibilité de la formation partielle du complexe $(RMgX)^2$ et, par suite, d'une inhibition plus ou moins rapide de la réaction.

Cette hypothèse cependant ne paraît pas suffisante à elle seule, dans le cas des dibromures comme le *p*-bromobromure de benzyle et le *p*-dibromobenzène, qui donnent facilement des monomagnésiens, car l'inhibition devrait se produire, même pour ceux-ci, si l'inertie du second halogène n'était pas complète dans les conditions expérimentales. Nous ne devons donc pas abandonner notre première hypothèse et nous admettons, en résumé, que : *l'halogénure auxiliaire peut agir en décapant constamment le magnésium, en activant les molécules de l'autre halogénure et en donnant naissance à des éthérates magnésiens bimoléculaires, mixtes*



$$C^2H^5MgBr, \quad RMgX, \quad n[(C^2H^5)^2O],$$

*plus solubles que le magnésien cherché.*

Voici quelques résultats expérimentaux :

*Bromopentaméthylbenzène* (H. Clément). — Le mélange équimoléculaire de ce bromure avec le bromure d'éthyle réagit régulièrement sur le magnésium (en excès de 25 pour 100). Le magnésien est partiellement précipité.

Par carbonatation, on a obtenu l'acide pentaméthylbenzoïque de Jacobsen, fusible à 210°,5. Rendement, 82 pour 100.

Le benzaldéhyde a donné le *dis*-pentaméthylbenzhydrol, fusible à 107°,5. Rendement, 80 pour 100.

*p-Bromovératrol* (Hu Chia Hsi). — Le magnésien qui prend naissance est très peu soluble et se dépose sur les parois du ballon. On opère avec deux molécules de bromure d'éthyle dans un appareil muni d'un agitateur central.

L'hydrolyse du magnésien donne du vératrol qui a été caractérisé sous forme de *p*-nitrovératrol fusible à 96°. La carbonatation a conduit à l'acide vératrique fusible à 178°,5.

Les rendements ont été seulement de 24 à 25 pour 100, mais il faut tenir compte que ces opérations ont été faites sur de très faibles quantités (une dizaine de grammes) et que, par suite, les pertes dues au traitement sont relativement considérables.

*p-Dibromobenzène* (Id.). — Le meilleur rendement en dimagnésien (environ 40 pour 100) a été obtenu en préparant d'abord le monomagnésien par le procédé habituel, ajoutant $2^{mol}$ de bromure d'éthyle et faisant tomber le tout, peu à peu, sur

du magnésium en excès. L'hydrolyse a donné du benzène qu'on a caractérisé en le transformant en dinitrobenzène fusible à 89°.

*p-Bromobromure de benzyle* (D. Y. Chang). — Il se produit, ici, des réactions secondaires. Quand on fait réagir le dibromure à la manière habituelle, on obtient le monomagnésien avec un rendement d'environ 60 pour 100, sans trace de dimagnésien [1]. Au monomagnésien préparé sur un excès de magnésium, on ajoute goutte à goutte, en agitant mécaniquement dans une atmosphère d'hydrogène (précaution indispensable quand on agite) $2^{mol}$ de bromure d'éthyle. Le dimagnésien se forme, mais il réagit, à son tour partiellement sur le bromure d'éthyle et sur le dibromure initial qui n'est pas totalement transformé, de sorte qu'on obtient, à côté :



$$C^2H^5 - C^6H^4 - CH^2MgBr \quad \text{et} \quad BrMgC^6H^4 - CH^2 - CH^2 - C^6H^4MgBr.$$

L'existence de ce dernier dimagnésien est d'ailleurs une nouvelle preuve de l'efficacité de la méthode employée car on ne peut l'obtenir directement en partant du *pp'*-dibromodibenzyle.

L'existence de ces différents magnésiens a été établie par l'action de l'eau et par carbonatation. L'hydrolyse a donné du toluène (rendement 35 pour 100), du *p*-méthyléthylbenzène, du *p*-bromotoluène et du dibenzyle. Par carbonatation on n'a pu isoler, jusqu'à présent, à l'état cristallisé que les acides correspondant au mono et au di-magnésien fondamentaux, l'acide *p*-bromophénylacétique, fusible à 114°, et l'acide homotéréphtalique, fusible à 235°.

La méthode par entraînement paraît donc capable de donner des résultats intéressants dans bon nombre de cas où la méthode classique échoue. Sans doute, elle oblige à sacrifier des quantités de réactifs relativement importantes, à la fois pour préparer le magnésien et pour l'utiliser. Mais on n'a pas toujours le choix des moyens.

Ces recherches sont poursuivies en vue d'étudier les aptitudes réactionnelles des nouveaux magnésiens et d'en obtenir d'autres.

ASTRONOMIE. — *Sur les conditions de visibilité et de séparation d'une étoile satellite.* Note [2] de M. **Louis Roy.**

Considérons, sur un méridien du solide de diffraction d'une étoile de magnitude $m$, les points $A_0(x_0, y_0)$ et $A_1(x_1, y_1)$ qui correspondent respec-

(1) Quelet est arrivé à la même conclusion en opérant sur $BrC^6H^4CH^2Cl$ (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 888).

(2) Séance du 15 janvier 1934.

tivement au bord du disque de l'étoile et au bord intérieur du premier anneau brillant, supposé visible avec l'ouverture employée [1]. Les valeurs correspondantes de l'éclairement $\varepsilon$ en un point du plan focal représentent alors les plus petits éclairements perceptibles par l'œil aux distances $\alpha_0$ et $\alpha_1$ du centre de l'étoile.

Cela posé, à la distance intermédiaire $\alpha$, le plus petit éclairement perceptible correspond à l'ordonnée $z$ d'un certain arc de courbe ayant les points $A_0$, $A_1$ comme extrémités, de sorte que l'éclairement minimum perceptible au point $M(x, z)$ est

$$\varepsilon_{\min} = K\,10^{-\frac{m}{2,5}} D^4 z.$$

D'autre part, l'éclairement maximum d'une autre étoile de magnitude $m'$ étant

$$\varepsilon'_{\max} = K\,10^{-\frac{m'}{2,5}} D^4,$$

puisque ce maximum a lieu en son centre où $y(0) = 1$, pour que cette seconde étoile placée à la *distance* $x$ de la première soit visible, il faut qu'on ait, en tenant compte de l'éclairement produit par l'étoile principale à cette distance $x$,

$$\varepsilon + \varepsilon'_{\max} > \varepsilon_{\min},$$

d'où

$$(1) \qquad m' < m - 2,5 \log(z - y).$$

Mais, lorsque $\alpha$ est égal ou très peu supérieur à $\alpha_0$, les deux taches centrales partielles empiètent fortement l'une sur l'autre, de sorte que la reconnaissance de la duplicité présente une indécision comparable à celle qui se produit pour deux composantes égales. En désignant par $x_m$ un nombre à déterminer empiriquement, on est ainsi conduit à adjoindre à l'inégalité (1) une condition de la forme

$$(2) \qquad x > x_m,$$

qui devient la condition de séparation quand $m'$ est suffisamment voisin de sa limite (1).

Le point $A_0$ est déterminé comme nous l'avons vu, par la surface des diamètres apparents, qui fait connaître $y_0$ en fonction de $m$, D. Mais il n'en

---

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 304, 416 et 523.

est pas de même de $A_1$. Si $m$ et D sont tels que le premier anneau brillant soit à la limite de visibilité, $A_1$ est en son sommet, en même temps que $y_0$ est voisin de 0,8 ; on peut alors admettre que l'arc $A_0A_1$ se raccorde en $A_1$ à la droite qui joint les sommets des deux premiers anneaux. Si, au contraire, l'étoile est très brillante et l'ouverture suffisante, le premier anneau est très accentué, $y_0$ est voisin de 0,05 et l'on peut admettre que l'arc $A_0A_1$ se raccorde en $A_1$ à une droite très peu inclinée sur $Ox$, menée de telle sorte que l'épaisseur du premier anneau soit environ le quart du diamètre du disque. Ces deux arcs extrêmes ayant ainsi été tracés à l'estime, on en déduit de même ceux qui correspondent à des valeurs intermédiaires de $y_0$. Sans doute un tel procédé paraît-il bien arbitraire; mais l'approximation qui en résulte est certainement meilleure que celle qui consisterait à prendre pour arc $A_0A_1$ le segment de droite joignant $A_0$ au sommet du premier anneau, ou même l'hyperbole équilatère menée par $A_0$ et les sommets des deux premiers anneaux.

Cela posé, la valeur de $x_m$ relative à l'une des courbes $A_0A_1$ est la distance qui correspond au maximum de $z-y$. En effet, l'inégalité (2) étant supposée vérifiée dans de telles conditions, il y aura séparation stricte entre les deux taches centrales partielles pour une valeur de $m'$ suffisamment voisine de sa limite fixée par (1). On trouve ainsi

$$x_m = 2,55, \text{ pour } y_0 = 0,8; \qquad x_m = 3,55, \text{ pour } y_0 = 0,05.$$

Pour le minimum minimorum 0,052 de $y_0$, qui, pour $m \geq 0$, a lieu pour $m = 0$ et $D = 165^{mm}$, on voit donc que la séparation effective ne sera guère possible au-dessous d'une distance égale au rayon du premier anneau noir ($x = 3,85$), c'est-à-dire au pouvoir séparateur théorique $142'' : D$.

Considérons le cas particulièrement intéressant où la distance de l'étoile satellite $\alpha = 142'' : D$. On reconnaît que la limite de $m' - m$ définie par (1) est une fonction décroissante de $m$ à ouverture constante. A magnitude $m$ constante et ouverture variable, cette limite croît, puis décroît après avoir passé par un maximum pour la valeur de D qui rend $y_0$ minimum. Ce maximum serait égal à 4,13, pour $m = 0$ et $D = 165^{mm}$; à 3,00, pour $m = 5$ et $D = 290^{mm}$.

Soit, par exemple, l'étoile double ζ Herculis ($m = 3,00$), pour laquelle on avait, en 1932, $\alpha = 0'',45 \pm 0'',05$. L'étoile satellite se serait donc alors projetée sur le premier anneau noir pour une ouverture d'environ $300^{mm}$. La condition (1) de visibilité donnant ici $m' < 6,21$, tandis que la magnitude du compagnon est estimée à 6,5, on en conclut que celui-ci devait

être invisible dans les conditions indiquées. En fait, le 7 août 1932, malgré des images pratiquement parfaites, il nous a été impossible de l'apercevoir avec une telle ouverture.

M. P. **Marchal** fait hommage à l'Académie du *Compte rendu* et des *Travaux* du *Ve Congrès international d'Entomologie*, Paris, 18-24 juillet 1932, publiés par L. Berland et R. Jeannel.

## CORRESPONDANCE.

M. G. **Moussu** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des deux places vacantes dans la Section d'Économie rurale par le décès de MM. *A. Calmette* et *E. Roux*.

THÉORIE DES SUBSTITUTIONS. — *Sur un problème de permutations.* Note de M. **J. Touchard**, présentée par M. Élie Cartan.

On dit que deux permutations de $n$ lettres sont discordantes, lorsque aucune lettre n'occupe dans l'une le rang qu'elle occupe dans l'autre. Le problème consistant à dénombrer les permutations P, discordantes avec deux permutations données A et B, n'a pas, à notre connaissance, été résolu d'une manière générale. Cayley, Th. Muir, Laisant, Moreau l'ont traité lorsque A et B sont respectivement 1, 2, 3, ..., $n$ et 2, 3, ..., $n$, 1; E. Netto, lorsque A et B sont respectivement 1, 2, 3, ..., $n$ et $n$, $n-1$, ..., 3, 2, 1. Les expressions obtenues par Cayley et Netto sont compliquées.

La solution générale est la suivante. Soit $\varphi(h; n)$ le nombre des permutations P de $h+n$ lettres, lorsque la substitution $T=\binom{B}{A}$ se décompose en $h$ cycles d'ordre 1 et en un seul cycle d'ordre $n>1$. La fonction $\varphi(h; n)$ joue le rôle d'un élément simple, pour le cas où T se décompose en $h$ cycles d'ordre 1 et en $s$ cycles, d'ordres respectifs $p_1, p_2, \ldots, p_s$, supérieurs à 1. Dans ce cas et en convenant que $\varphi(h; -n)=\varphi(h; n)$, le nombre des permutations P est égal à

$$\Sigma\varphi(h; p_1 \pm p_2 \pm \ldots \pm p_s), \tag{1}$$

cette somme étant étendue aux $2^{s-1}$ combinaisons des signes + et —.

Pour exprimer $\varphi(h;\,n)$ d'une façon simple, soit $\rho(h,\,h+n)$ le nombre des permutations de $h+n$ lettres, dans lesquelles $h$ lettres, fixées à l'avance, sont disposées de telle manière qu'aucune d'elles ne soit à sa place; on a d'abord

$$\rho(h, h+n) = (n+h)! - \binom{h}{1}(n+h-1)! + \binom{h}{2}(n+h-2)! - \ldots;$$

l'expression de $\varphi(h;\,n)$ est ensuite

$$(2)\quad \varphi(h;n) = \rho(h, h+n) - \frac{2n}{1}\rho(h, h+n-1) + \frac{2n(2n-3)}{1.2}\rho(h, h+n-2) - \ldots;$$

ou bien, sous forme symbolique,

$$(3)\qquad \varphi(h;n) = 2\cos\left(2n \arccos \frac{1}{2}\sqrt{\rho}\right),$$

formule dans le développement de laquelle on doit remplacer $\rho^{\mu}$ par

$$\rho_{\mu} = \rho(h, h+\mu).$$

Les équations (2) et (3) ne coïncident pas lorsque $n=0$; pour l'exactitude de (1), on doit définir $\varphi(h;\,0)$ par la formule (3), d'où

$$\varphi(h;0) = 2\rho(h,h).$$

Une transformation simple de (3) donne alors

$$\frac{(-1)^n}{2}\varphi(h;n) = \rho(h,h) - \frac{n^2}{1.2}\rho(h,h+1) + \frac{n^2(n^2-1^2)}{4!}\rho(h,h+2) - \frac{n^2(n^2-1^2)(n^2-2^2)}{6!}\rho(h,h+3) + \ldots$$

et l'on a encore, sous forme d'intégrale définie,

$$(4)\qquad \varphi(h;n) = 2\int_{0}^{\infty} e^{-x^2}(x^2-1)^h x\,\chi_n(x)\,dx,$$

où nous avons posé

$$\chi_n(x) = \frac{(x+\sqrt{x^2-4})^{2n} + (x-\sqrt{x^2-4})^{2n}}{2^{2n}}.$$

Soit, en particulier, $h=0$ et $\lambda(n)=\varphi(0;\,n)$; $\lambda(n)$ est le nombre des permutations P, dans le cas particulier examiné par Cayley et l'on a

$$\lambda(n) = 2\cos n\pi + 2ne^{-2}\int_0^{\pi} e^{-2\cos\theta}\sin n\theta\,d\theta + 2ne^{-2}\int_0^{\infty} e^{-2\cosh\theta}\sin h\,n\theta\,d\theta.$$

Ces intégrales, qui se rencontrent dans la théorie des fonctions de Bessel,

satisfont à des équations aux différences connues, d'où l'on tire une formule de récurrence relative aux nombres $\lambda(n)$ et ensuite leur fonction génératrice

$$\Lambda(z) = \sum_0^{\infty} \lambda_n \frac{z^n}{n!}.$$

La connaissance de $\lambda(n)$ peut servir au calcul de $\varphi(h; n)$; ainsi

$$\varphi(1; n) = \lambda(n+1) + \lambda(n) + \lambda(n-1),$$
$$\varphi(2; n) = \lambda(n+2) + 2\lambda(n+1) + 3\lambda(n) + 2\lambda(n-1) + \lambda(n-2),$$

et, en général, sous forme symbolique,

$$\varphi(h; n) = \lambda^{n-h}(1 + \lambda + \lambda^2)^h,$$

où $\lambda^\mu = \lambda(\mu)$ et où il faut se rappeler que $\lambda(-x) = \lambda(x)$.

Enfin, à l'aide de (1) et de (4), on démontre que le nombre des permutations P, dans le cas général indiqué plus haut, est égal à l'intégrale

$$2\int_0^{\infty} e^{-x^2}[1 + \chi_1(x)]^h \chi_{p_1}(x)\chi_{p_2}(x)\ldots\chi_{p_s}(x)\,x\,dx,$$

dans laquelle les facteurs $1 + \chi_1(x)$ correspondent aux cycles unités de la substitution T, tandis que les facteurs $\chi_{p_1}(x)$, $\chi_{p_2}(x)$, ... correspondent aux autres facteurs circulaires de cette même substitution.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations m-harmoniques non linéaires à deux variables indépendantes.* Note [1] de M. **Alfred Rosenblatt.**

1. Envisageons l'équation aux dérivées partielles à deux variables indépendantes d'ordre $2m$

$$(1) \qquad \Delta_{2m} u = \mathrm{F}\left(x, y, u, \frac{\partial u}{\partial x}, \ldots, \frac{\partial^{2m-2} u}{\partial y^{2m-2}}\right),$$

où $\Delta_{2m}$ est le $m$-laplacien $\Delta_2$. Supposons F continu par rapport à tous les arguments dans le cercle K de rayon R et sur la circonférence C. Supposons remplie par F la condition de Hölder quant à la dépendance de $x$, $y$ et la condition généralisée de Lipschitz :

$$(2) \qquad |\mathrm{F}(x, y, u', \ldots) - \mathrm{F}(x, y, u, \ldots)| \leq \sum_0^{2m-2} \frac{\mathrm{A}_i}{\delta^{2m-i}} \sum_{\substack{i, l=0,\ldots,i \\ i+k=i}} \left|\frac{\partial^{j+k} u'}{\partial x^j \partial y^k} - \frac{\partial^{j+k} u}{\partial x^j \partial y^k}\right|;$$

(1) Séance du 5 février 1934.

quant à la dépendance des autres arguments, $\delta$ étant la distance de $P(x, y)$ de la circonférence C. Les arguments sont assujettis à remplir les inégalités

$$(3) \qquad \left|\frac{\partial^{j+k} u}{\partial x^j \partial y^k}\right| \leqq \frac{L_i}{R^i} \qquad (i = j + k = 0, \ldots, 2m - 2),$$

et N est le module maximum de F.

On suppose remplies les inégalités

$$(4) \qquad \frac{N R^{2m} D_i}{k} \leqq L_i \qquad (i = 0, \ldots, 2m - 2),$$

où l'on a

$$(5) \qquad k = 2\pi . 2^{2(m-1)}[(m-1)!]^2,$$

$$(6) \qquad D_i = 2^{2m+1-i}\pi \frac{2m+1}{m(m+1)} C_i,$$

où les $C_i$ sont des nombres positifs dépendant uniquement de $m$ (et d'un nombre fixe $\mu$, $0 < \mu < 1/2$). On a d'ailleurs

$$C_0 = \frac{2^{m+1}}{m}, \qquad C_1 = 8 . 2^m.$$

On pourrait aussi remplacer ce $D_0$ par le nombre

$$D_0 = k \frac{1}{2^{2m}(m!)^2}.$$

2. On forme la suite bien connue des approximations successives de M. Picard, en employant la fonction $m$-harmonique de Green donnée par Lauricella et que nous mettrons sous la forme

$$(7) \qquad \begin{cases} G_{2m} = \dfrac{(-1)^m}{2} \displaystyle\int_0^{z_1} \frac{z^{m-1}\, dz}{r^2 + z}, \\ r = PM, \qquad z_1 = r_1^2 - r^2, \qquad r_1 = \dfrac{ar'}{R}, \qquad a = OM, \end{cases}$$

M, le pôle, $P(\xi, \eta)$ le point variable.

On a donc les fonctions

$$(8) \qquad u_n = \frac{1}{k} \int G_{2m} F[\xi, \eta, u_{n-1}(\xi, \eta), \ldots]\, d\xi\, d\eta \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

$u_0(x, y)$ satisfaisant aux inégalités (3). On a aussi

$$(9) \qquad |F[x, y, u_1(x, y), \ldots] - F[x, y, u_0(x, y), \ldots]| \leqq \frac{M}{\delta^{m+\mu}},$$

$\delta$, distance de $P(x, y)$ de C.

Nous transformons le cercle K en soi-même, de manière que le pôle M devienne l'origine $O_1$ du nouveau cercle $K_1$. On a les majorations suivantes des dérivées de $G_{2m}$ :

$$(10) \qquad \left|\frac{\partial^{j+k} G_{2m}}{\partial x^j \partial y^k}\right| \leqq C_i \frac{(R-\rho_1)^m (R^2-a^2)^{2m-2-i} R^{m+i-2}}{|R^2+z\zeta_1|^{2m-2}},$$

$\zeta_1$ le transformé de $\zeta=\xi+i\eta$, $\rho_1=|\zeta_1|$. Ces formules perfectionnent les majorations de M. Boggio.

3. On obtient alors les majorations suivantes des dérivées de l'intégrale

$$(11) \qquad J_{2m}=\int_K G_{2m} \frac{1}{\delta^{m+\mu}} d\xi\, d\eta,$$

$$(12) \qquad \left|\frac{\partial^{j+k} J_{2m}}{\partial x^j \partial y^k}\right| \leqq B_i (R-a)^{m-\mu-i},$$

$a=OM$, $B_i$ étant donnés par les formules

$$(13) \qquad B_i=C_i \frac{2^{2m-i}.8(1-\mu)}{\mu(1-2\mu)}.$$

Les approximations successives convergent absolument et uniformément avec ses dérivées jusqu'à l'ordre $m-1$, pourvu que l'on ait l'inégalité suivante généralisant l'inégalité classique de M. Picard :

$$(14) \qquad \frac{1}{k}\sum_0^{2m-2} (i+1) A_i B_i < 1.$$

La limite $u(x, y)$ possède des dérivées jusqu'à l'ordre $2m$ continues, et satisfait dans K à l'équation (1).

4. On peut employer les mêmes procédés pour appliquer la méthode de M. Picard avec des conditions généralisées de Lipschitz à des équations totalement elliptiques, au cas de plus de deux variables indépendantes, au cas de domaines généraux, etc.

CHRONOPHOTOGRAPHIE. — *Sur un chronophotographe à enregistrement ultrarapide*. Note [1] de MM. **Antoine Magnan** et **Claude Magnan**, présentée par M. d'Arsonval.

Désireux d'aborder l'étude de certains phénomènes rapides et de très courte durée, au moyen d'images de dimensions convenables fournies par

[1] Séance du 5 février 1934.

un seul objectif, nous avons imaginé un dispositif adapté à une telle étude.

Pour cela nous avons réalisé un entraînement rapide d'une longueur déterminée ($3^m$ environ) de film cinématographique en le fixant sur la périphérie d'un tambour animé d'une grande vitesse de rotation.

Le tambour est constitué par une roue pleine en duralumin de $1^m$ de diamètre (*fig.* 1), profilé et allant s'amincissant vers l'extérieur pour obtenir

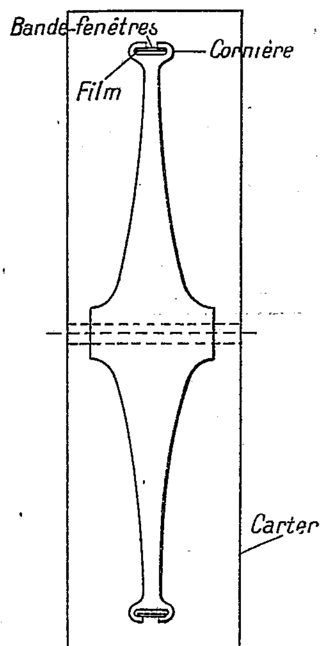



Fig. 1.

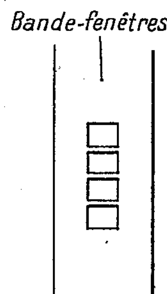



Fig. 2.

une meilleure résistance à la rupture et un minimum de masse; il porte sur son pourtour une double cornière où le film se trouve engagé en dessous d'une bande métallique mince qui est découpée en son milieu et sur toute sa longueur en autant de fenêtres que l'on désire (*fig.* 2) et suivant le nombre de vues que l'on veut avoir pour la longueur donnée du film.

Le tambour dont l'axe est horizontal tourne à l'intérieur d'un carter (*fig.* 3) entraîné par un moteur électrique par l'intermédiaire d'un engrenage multiplicateur; il passe au ras d'une fine fente horizontale fixe, faisant office d'obturateur. De l'autre côté de la fente, se trouve l'objectif approprié qui reçoit par exemple la lumière d'un arc électrique.

Lorsque le tambour tourne à la vitesse convenable, un obturateur photographique au $1/50^e$ de seconde découvre à un instant donné l'objectif; la

bande métallique à fenêtres qui délimite les images et qui est collée avec le film par la force centrifuge contre les cornières est entraînée avec la pellicule à la même vitesse; les images se présentent les unes après les autres devant la fente de l'obturateur et sont impressionnées successivement. Au bout de 1/50$^e$ de seconde l'obturateur photographique se ferme automatiquement

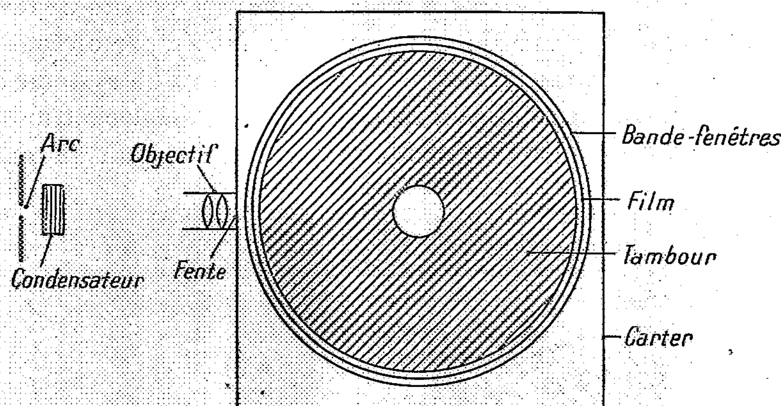



Fig. 3.

dès que la roue a effectué un tour de façon à éviter la surimpression de la pellicule.

Le premier dispositif a été prévu pour une rotation de 50 tours/sec. La bande-fenêtres, qui comme le film a $3^m,14$ de longueur, comprend 600 ouvertures de $5^{mm}$ de hauteur et de $6^{mm}$ de largeur. Dans ces conditions, on obtient en 1/50$^e$ de seconde 600 images, ce qui correspond à une fréquence de prises de vues de 30 000 par seconde.

Des essais effectués avec un arc électrique, il ressort qu'il est possible d'impressionner du film ordinaire à une telle fréquence ce qui a été contrôlé au moyen d'un diapason donnant 48 vibrations doubles par seconde.

Nous allons chercher maintenant à obtenir un nombre de tours du tambour de l'ordre de 100 par seconde, ce qui fournirait, avec l'éclairage voulu et pour des images de $5^{mm}$ de haut, une fréquence d'enregistrement de 60000 vues par seconde et pour des images de $1^{mm},7$ de haut encore parfaitement utilisables comme des expériences antérieures l'ont montré, une fréquence de 180000 vues par seconde.

Au point de vue de la résistance mécanique, un calcul approximatif prouve que, pour le profil de tambour employé, on atteint la limite de rupture de la roue en duralumin au voisinage de 200 tours/sec.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la rue circulaire de tourbillons alternés*. Note (¹) de MM. **Michel Luntz** et **Paul Schwarz**, présentée par M. Henri Villat.

En faisant tourner à une très grande vitesse un cylindre de révolution vertical dans une nappe de liquide visqueux, limitée par un fond plan et horizontal et par sa surface libre, nous avons obtenu un système de tourbillons alternés analogues à celui qu'on obtient en déplaçant un obstacle dans un liquide. Ce système est composé d'un nombre pair de tourbillons

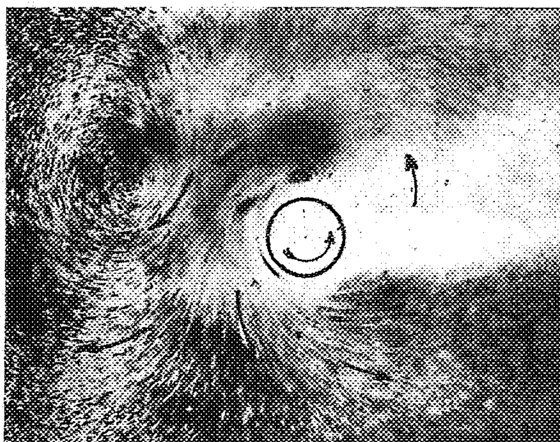


Fig. 1.

disposés sur deux cercles concentriques, l'ensemble tournant d'un mouvement uniforme et lent autour de l'axe du cylindre. Nous avons pu observer 2 (*fig.* 1), 4 (*fig.* 2), 6 (*fig.* 3) et 8 tourbillons. Le nombre des tourbillons est d'autant plus élevé que la viscosité du liquide et la vitesse de rotation du cylindre sont plus grandes. On obtient ainsi 8 tourbillons pour la glycérine froide dont la viscosité est de 60 C. G. S., et pour une vitesse angulaire du cylindre (dont le diamètre était de $1^{cm},5$) égale à 400 tours/sec. Notre dispositif expérimental ne permettant pas l'obtention des vitesses plus élevées, nous n'avons pas pu observer plus de 8 tourbillons. Il semble hors de doute que pour des vitesses plus grandes et pour des viscosités plus

(¹) Séance du 5 février 1934.

élevées, on doit pouvoir obtenir 10, 12 tourbillons et davantage. D'autre part lorsque l'épaisseur de la nappe liquide augmente, le nombre de tourbillons diminue.

Voici à titre d'indication le nombre N de tourbillons observés en fonction

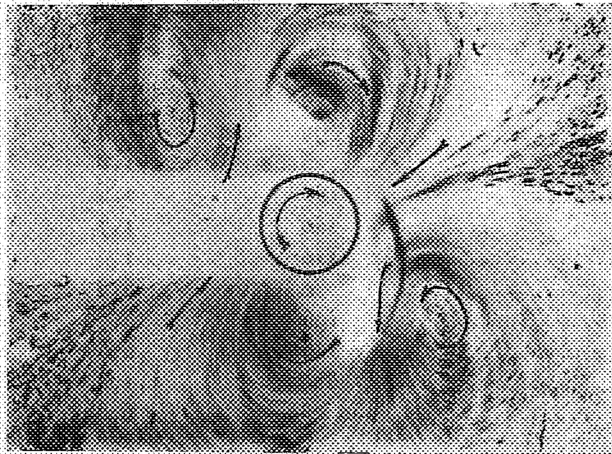


Fig. 2.

de la viscosité absolue $\mu$ (en C. G. S.) de la vitesse angulaire $\Omega$ (en tours

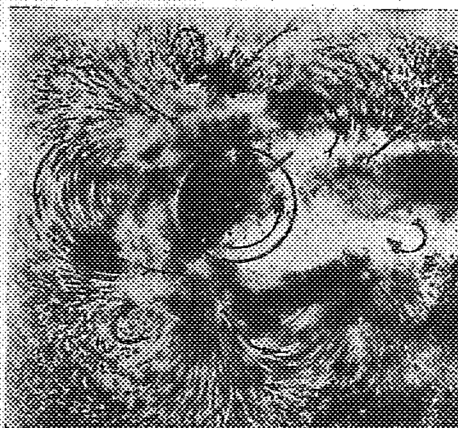


Fig. 3.

par seconde) et de l'épaisseur $h$ de la couche liquide (le diamètre du cylindre est constant et égal à $1^{cm},5$). Nous citons ici les données relatives aux meilleurs clichés photographiques obtenus :

| μ. | Ω. | h. | N. |
|---|---|---|---|
| 0,7 | 45 | 0,95 | 2 |
| 1,0 | 30 | 0,75 | 2 |
| 8,2 | 60 | 5,4 | 2 |
| 4,0 | 190 | 0,7 | 4 |
| 6,9 | 95 | 1.5 | 4 |
| 8,2 | 100 | 1,6 | 4 |
| 8,2 | 50 | 2,3 | 4 |
| 8,4 | 70 | 1,5 | 4 |
| 8,4 | 90 | 1,5 | 4 |
| 10,5 | 95 | 1,0 | 4 |
| 15,0 | 180 | 2,2 | 4 |
| 15,4 | 140 | 1,7 | 4 |
| 16,5 | 110 | 1,4 | 4 |
| 18 | 230 | 3,3 | 4 |
| 5,8 | 195 | 0,72 | 6 |
| 5,8 | 230 | 0,55 | 6 |
| 16,5 | 320 | 1,4 | 6 |
| 16,7 | 250 à 370 | 0,55 | 6 |

Le nombre de Reynolds à lui seul s'avère dans ce cas, comme d'ailleurs dans beaucoup d'autres lorsque les vitesses et les viscosités sont grandes, comme insuffisant pour déterminer le caractère du mouvement. En gardant les mêmes caractéristiques géométriques (récipient, diamètre du cylindre, épaisseur de la couche liquide), on constate par exemple que pour $h = 0^{cm},7$ pour $\rho$ (densité du liquide) $= 1,25$ C. G. S., on a un mouvement à deux tourbillons pour $\mu = 0,71$ C. G. S. et $\Omega = 24$ tours/sec; le mouvement est à six tourbillons pour $\mu = 5.8$ C. G. S. et $\Omega = 200$ tours/sec. Or, le nombre de Reynolds est sensiblement le même dans les deux cas.

GÉOGRAPHIE. — *La carte du Moyen-Ogooué à l'Océan, au 1/500000 d'A. Meunier* (1932). Note (¹) de M. **Georges Bruel**, présentée par M. Georges Perrier.

M. G. Le Testu, qui a séjourné au Gabon, depuis 1906, en a rapporté un dossier géographique important, sur des régions mal cartographiées; aussi a-t-il demandé à M. Meunier, spécialiste de la cartographie de l'Afrique Équatoriale française, de construire une carte au 1/500000

(¹) Séance du 5 février 1934.

d'après les itinéraires exécutés, de 1881 à 1931, par Mizon, Godel, Jobit, Demars, Osvald, Collignon, Charlemagne, Savin, Marc, Fichepain, Charbonnier, Parisel, Berlan, de Pompignan, Salin, Eymard et Eckendorff.

Cette carte repose sur 16 latitudes et 14 longitudes, dont 9 forment un polygone dont les sommets sont : Franceville, Apindji (Ogooué), Sindara (Ngounié), Nyanga, Mayoumba (littoral), Konanadembé, coupé par une parallèle aux côtés orientés NW-SE, formée par le cours de la Ngounié entre Sindara et la chute Demars, jalonnée par 5 positions astronomiques.

Ces diverses coordonnées ont été déterminées par de Brazza, Mizon, Rouvier, Blim, Jobit et Bruel, ainsi que par la Mission hydrographique du Gabon.

M. Meunier a rejeté la longitude de Bongo (Blim) et a reporté ce point à 3′ à l'Est. Ayant constaté, entre Pingo et Franceville, une différence de 4′30″ en moins, il n'a pas utilisé les longitudes de Jobit. On pouvait cependant compenser cette légère erreur, ce qui aurait permis d'employer 6 nouvelles longitudes, au cas où l'on aurait pu identifier Ilémouendo. On aurait alors déplacé Itingo et la chute Demars de 1′30″, Akinda de 2′50″ à l'Est et l'ancien Konanadembé de 1′25″ à l'Ouest. Qui a raison de Jobit ou du cartographe? De nouvelles observations astronomiques les départageront.

Les itinéraires de Berton entre Lastoursville et l'Ogoulou (1890), de Barrat entre Franceville et Ndjolé (1893), de Baron entre Lastoursville et Samba et le long du bas Ofooué (1894) n'ont pu être placés, sans doute faute d'identification de villages.

Pour la première fois, nous voyons figurer les méandres de la Nyanga, entre le méridien 10° 30′ Est et Tchibanga, ceux de la Moukalaba Doughoughou, divers tronçons de l'Ofooué et de la Wagnya.

Une partie de la carte s'étend sur des zones de faible relief : pays Echira, vallées de la Ngounié, de la Nyanga, de l'Ogooué, dont certaines sont en pays découvert. L'assemblage des itinéraires y a donc été relativement facile. Au contraire, la région centrale, que nous avons baptisée *massif du Chaillu*, en l'honneur de l'explorateur, qui en a longé la partie sud, en 1865, est très montagneuse, coupée de vallées profondes, véritables cluses, où il est difficile d'évaluer la vitesse de marche, ainsi que les directions de sentiers forestiers tortueux, coupés par des arbres tombés et par des parties rocheuses escarpées. Outre cela, M. Le Testu avait des objectifs administratifs et botaniques, les officiers avaient conduit des colonnes au

milieu de tribus soulevées, les fonctionnaires faisaient du recensement ou levaient l'impôt, bref aucun d'eux n'avait un but spécialement topographique et n'allait directement d'un point déterminé astronomiquement à un point fixé de même.

Aussi, même en s'aidant de la carte de M. Eymard (1926) et des itinéraires des lieutenants Jobit et Demars, qui eux étaient en mission topographique (1899), M. Meunier, pour la première fois de sa longue carrière de cartographe, dut s'y reprendre à trois fois pour construire cette partie centrale.

En dehors des itinéraires Jobit, Demars et Bruel, la carte porte de nouvelles cotes d'altitude en pays Echira et sur le Haut-Ikoï. Il faut signaler ici que l'Administration n'a jamais doté les fonctionnaires s'intéressant à la Topographie, de baromètres holostériques et n'a pas songé à créer quelques stations bases, ayant des baromètres Fortin et des enregistreurs. Aussi, ce qui manque le plus, en Afrique Équatoriale Française, ce sont les altitudes.

Quoi qu'il en soit, il semble que l'on peut rayer des cartes l'Igoumbi Andélé (1050$^{m}$) de du Chaillu, le Boundji vu, de loin, par Berton, ainsi que les monts Moukandé et Moussanga auxquels il a attribué 2500, 2000 et 1500$^{m}$. Les pitons les plus élevés de Jobit n'atteignent que 1000$^{m}$ et une fois 1050$^{m}$. Les cotes les plus courantes, dans les régions hautes, oscillent entre 700 et 900$^{m}$.

La carte Meunier prouve que, avec des moyens de fortune, on peut obtenir, grâce au réseau astronomique établi de 1875 à 1916, une bonne carte de reconnaissance pour la planimétrie. Mais pour les besoins présents et futurs, on a besoin de cartes plus précises.

On doit donc déplorer la disparition de l'embryon de Service géographique, créé à Brazzaville en 1909, car, en 25 ans, que n'auraient fait quelques officiers astronomes et topographes! Grâce à l'astrolabe à prisme, à la T. S. F., à la triangulation là où elle est possible, au nivellement barométrique, on aurait pu publier, d'après un système général de coupures, des cartes au 1/500000, au 1/200000 et pour quelques zones au 1/100000.

On a mieux aimé laisser chaque Service travailler en ordre dispersé, sans plan d'ensemble, gaspillant ainsi de l'argent.

L'organisation immédiate d'un Service géographique s'impose donc pour cartographier notre France Équatoriale Africaine (Afrique Équatoriale et Cameroun).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les particules qu'on peut associer à la propagation d'une onde de lumière.* Note de M. **Al. Proca**, présentée par M. L. de Broglie.

Divers résultats expérimentaux nous ont conduit à la notion de photon, particule ayant une masse au repos nulle, une énergie et une quantité de mouvement proportionnelles à la fréquence, et, probablement, un spin égal à zéro ou à $h/2\pi$. Il est cependant assez malaisé d'utiliser ce photon dans les théories ondulatoires modernes pour mettre en évidence la double nature, corpusculaire et ondulatoire, du phénomène lumineux.

La théorie nous permet cependant d'associer à toute propagation de lumière une autre particule, ne différant du photon que par la valeur de son spin, qui est égal à $1/2 . h/2\pi$. Pour le montrer, définissons d'abord quatre opérateurs, constituant les composantes de deux spineurs [1] $a_r$ et $b_s$, au moyen des équations suivantes :

$$(1) \quad \begin{cases} \partial_{\dot{2}1} = \dfrac{\partial}{\partial x} + i\dfrac{\partial}{\partial y} = a_{\dot{2}} a_1 - b_{\dot{2}} b_1, & \partial_{\dot{1}1} = \dfrac{\partial}{\partial z} - \dfrac{1}{c}\dfrac{\partial}{\partial t} = a_{\dot{1}} a_1 - b_{\dot{1}} b_1, \\ \partial_{\dot{1}2} = \dfrac{\partial}{\partial x} - i\dfrac{\partial}{\partial y} = a_{\dot{1}} a_2 - b_{\dot{1}} b_2. & \partial_{\dot{2}2} = -\dfrac{\partial}{\partial z} - \dfrac{1}{c}\dfrac{\partial}{\partial t} = a_{\dot{2}} a_2 - b_{\dot{2}} b_2, \\ \multicolumn{2}{c}{(a_1 b_2 - a_2 b_1)(a_{\dot{1}} b_{\dot{2}} - a_{\dot{2}} b_{\dot{1}}) = 0.} \end{cases}$$

Une solution peut être, par exemple, la suivante :

$$(2) \qquad a_1 = A_0\sqrt{\partial_{\dot{1}1}}, \qquad a_2 = A_0\frac{\partial_{\dot{1}2}}{\sqrt{\partial_{\dot{1}1}}}; \qquad b_1 = B_0\sqrt{\partial_{\dot{1}1}}, \qquad b_2 = B_0\frac{\partial_{\dot{1}2}}{\sqrt{\partial_{\dot{1}1}}},$$

où $\sqrt{\partial_{\dot{1}1}}$ a la signification que nous avons donnée [2] et où $A_0$ et $B_0$ sont des nombres, non nuls et satisfaisant à

$$A_0^* A_0 - B_0^* B_0 = 1.$$

Cela étant, soit un phénomène de propagation décrit par le potentiel d'univers $A^r (r = 0, 1, 2, 3)$ du champ lumineux et soit $\Phi_{\dot{r}s}$ le spineur qui correspond à $A^r$. En appliquant à $A^r$ l'opérateur « rotationnel d'univers »

---

[1] Pour tout ce qui concerne le calcul des spineurs, voir Laporte et Uhlenbeck, *Physical Review*, 37, 1931, p. 1380, dont nous avons adopté les notations.

[2] *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1725. La décomposition donnée ici constitue la base de ce que nous avons appelé approximation de Dirac dans nos Notes antérieures.

on obtient, comme d'habitude, le champ électromagnétique *classique*, qui satisfait aux équations de Maxwell pour le vide. Mais on peut partir du même $A^r$ et appliquer *les opérateurs* $a_r$ et $b_s$ de la façon invariante suivante :

$$\psi_{\dot{r}} = b^s \Phi_{\dot{r}s}, \qquad \chi_s = a^{\dot{r}} \Phi_{\dot{r}s}. \tag{3}$$

On obtient alors un autre champ, défini par deux *spineurs* $\psi_{\dot{r}}$, $\chi_s$, associé au même phénomène lumineux décrit par $A^r$; la nature de ce champ apparaît immédiatement si l'on remarque que $\psi_{\dot{r}}$, $\chi_s$ *satisfont aux équations de Dirac pour une particule libre, de masse au repos nulle*. En effet, on a par exemple $\partial_l^{\dot{\rho}} \psi_{\dot{\rho}} = 0$ (qui représente deux des équations de Dirac), puisque

$$\partial_l^{\dot{\rho}} \psi_{\dot{\rho}} = \partial_l^{\dot{\rho}} (b^s \Phi_{\dot{\rho}s}) = b_l (\partial^{\dot{\rho}s} \Phi_{\dot{\rho}s}) \equiv 0, \tag{4}$$

$-1/2.\, \partial^{\dot{\rho}s} \Phi_{\dot{\rho}s} = 0$ n'étant autre que la condition de Lorentz, imposée au potentiel $A^r$.

*A toute propagation d'ondes lumineuses, régie par les lois de Maxwell, on peut donc associer le mouvement d'une particule libre de masse au repos nulle, gouverné par les équations de Dirac.* La complication plus ou moins grande de l'onde lumineuse se traduit par un nombre plus ou moins grand d'états excités sur lesquels est distribuée la particule; le principe de superposition n'est pas mis en défaut. Le champ électromagnétique classique se déduit des fonctions d'onde de la particule par la formule

$$g_{rs} = b_r \psi_s + b_s \psi_r - a_r \chi_s - a_s \chi_r, \tag{5}$$

où $g_{rs}$ est le spineur symétrique du champ lumineux, relié à ses composantes par les relations connues

$$4(e_1 - ih_1) = g_{11} - g_{22}, \qquad 4(h_2 + ie_2) = g_{11} + g_{22}, \qquad 4(e_3 - ih_3) = -2 g_{12}.$$

On constate qu'une particule de ce type, dans un état bien déterminé d'énergie $W = h\nu$, correspond à une lumière de fréquence $\nu$, *polarisée circulairement, à droite si l'énergie de la particule est positive et à gauche si l'énergie est négative.* Nous avons là une interprétation intuitive des énergies négatives d'un corpuscule non chargé, obtenue au moyen d'un procédé général, applicable également aux électrons. Une lumière polarisée rectilignement n'est pas simple; elle correspond à une superposition de deux états de la particule dans lesquelles les impulsions d'univers $(p, q, r, W/c)$ sont égales et de signes contraires.

La particule ainsi associée à une onde de lumière n'a pas les caractéris-

tiques du photon, puisque, obéissant à l'équation de Dirac, son spin est égal à $1/2 . h/2\pi$; une pareille particule est un *neutrino de Pauli* comme l'a indiqué M. L. de Broglie ([1]), lequel a donné une image très séduisante d'un photon, en couplant un neutrino à un antineutrino.

SPECTROSCOPIE. — *Sur un nouveau spectre du zinc* Zn IV. Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**.

L'étincelle dans le vide n'a guère été employée jusqu'ici que pour les études spectrales dans la région ultraviolette extrême. Nous avons pensé qu'il y avait lieu de rechercher si, dans l'ultraviolet ordinaire et même dans la région visible, l'étincelle dans le vide ne donne pas aussi des spectres caractéristiques ([2]).

Nous avons photographié avec un spectrographe en quartz les spectres d'étincelle de différents métaux dans le vide et reconnu les particularités suivantes :

1° l'étincelle dans le vide peut donner, même dans l'ultraviolet ordinaire, des spectres d'excitation supérieure totalement absents de l'étincelle dans l'air;

2° les spectres présents dans l'étincelle ordinaire se développent avec une intensité et une richesse beaucoup plus grandes lorsqu'on emploie l'étincelle dans le vide;

3° beaucoup de raies invisibles dans l'étincelle ordinaire par le fait d'une diffusion extrême ou par superposition d'un fond continu apparaissent nettement quand on se sert de l'étincelle dans le vide. On obtient fréquemment de la sorte une résolution de structures qu'on ne soupçonnait pas avec l'étincelle dans l'air.

A ces divers points de vue, l'étincelle dans le vide se rapproche de la décharge oscillante dans un tube sans électrodés, telle que nous l'employons pour la production et la séparation des spectres d'ordre supérieur. Il semble toutefois que cette dernière méthode soit plus sûre et plus précise que l'autre.

La présente Note fait connaître, à titre d'exemple, le spectre d'étincelle

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 135.

([2]) Voir, à ce sujet, B. Champion, *Diplôme d'études supérieures*, Paris, 1926; Sawyer et Martin, *Phys. Rev.*, 23, 1924, p. 766.

du troisième ordre du zinc Zn IV. Ce spectre a été isolé des spectres Zn II et Zn III par l'intercalation de bobines de self. En augmentant convenablement la self du circuit de décharge, on peut arriver à supprimer complètement les raies Zn IV, les raies Zn III étant légèrement affaiblies et les raies Zn II notablement renforcées.

*Liste des raies* Zn IV.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 4039,34 | 0 | 3466,10 | 2 | 2740,84 | 4 | 2655,27 |
| 3 | 4010,16 | 4 | 3456,11 | 0 | 2738,78 | 0 | 2654,06 |
| 3 | 4006,73 | 0 | 3450,67 | 0 | 2735,92 | 1 | 2653,07 |
| 4 | 3982,35 | 3d | 3446,10 | 3 | 2733,85 | 6 | 2651,06 |
| 2 | 3975,21 | 0 | 3439,56 | 4 | 2727,27 | 6 | 2649,76 |
| 1 | 3955,42 | 3d | 3434,51 | 1 | 2719,65 | 1 | 2647,85 |
| 3 | 3908,95 | 1 | 3428,90 | 1d | 2718,40 | 1 | 2646,72 |
| 1 | 3904,46 | 0 | 3425,77 | 0d | 2711,38 | 3 | 2645,52 |
| 3 | 3885,76 | 0 | 3423,32 | 4 | 2709,44 | 3 | 2644,48 |
| 3 | 3878,54 | 0 | 3419,01 | 5 | 2708,47 | 4 | 2641,75 |
| 3 | 3869,24 | 1 | 3416,91 | 2 III ? | 2706,71 | 5 | 2640,26 |
| 6 | 3864,73 | 0 | 3413,03 | 3 | 2705,52 | 3d | 2637,86 |
| 3 | 3850,00 | 1 | 3410,43 | 1 | 2704,21 | 3 | 2636,16 |
| 3 | 3804,84 | 1 | 3192,06 | 7 | 2694,08 | 1d | 2633,42 |
| 2 | 3789,13 | 2 | 3129,40 | 5 | 2692,36 | 2d | 2632,53 |
| 5 | 3776,27 | 2 | 2990,67 | 0? | 2691,04 | 1 | 2630,89 |
| 2 | 3766,46 | 0 | 2985,50 | 2 | 2689,64 | 1 | 2629,94 |
| 2 | 3717,35 | 0 | 2973,06 | 2d | 2687,82 | 1 | 2629,12 |
| 4 | 3598,80 | 0 | 2967,15 | 2 | 2684,87 | 1 | 2628,24 |
| 1 | 3557,09 | 1 | 2952,95 | 8+III | 2683,11 | 4d | 2621,85 |
| 0 | 3545,85 | 0 | 2950,07 | 2 | 2679,29 | 6d | 2618,76 |
| 3 | 3520,04 | 1 | 2945,56 | 1 | 2678,42 | 4 | 2615,94 |
| 2 | 3516,01 | 3 | 2916,18 | 2d | 2675,60 | 0 | 2614,37 |
| 2 | 3512,78 | 0 | 2865,86 | 0d | 2674,90 | 3d | 2613,02 |
| 1 | 3505,52 | 0 | 2820,85 | 5 | 2673,00 | 3 | 2610,67 |
| 0 | 3500,99 | 0 | 2809,20 | 2 | 2670,42 | 2 | 2609,27 |
| 1 | 3498,99 | 0 | 2793,23 | 0 | 2669,32 | 2 | 2607,19 |
| 0 | 3484,44 | 2d | 2785,95 | 4 | 2668,00 | 0 | 2606,63 |
| 0 | 3481,45 | 2 | 2763,76 | 5 | 2666,27 | 1 | 2605,73 |
| 1 | 3478,86 | 2 | 2761,20 | 4 | 2664,82 | 4+III | 2591,40 |
| 1 | 3475,18 | 2 | 2755,00 | 4 | 2663,43 | 3 | 2590,07 |
| 2 | 3472,47 | 1+II | 2750,39 | 0 | 2661,53 | 3 | 2588,37 |
| 2 | 3470,85 | 2 | 2746,42 | 6 | 2659,51 | 2 | 2586,90 |
| 0 | 3468,72 | | | | | | |

Le spectre Zn IV a été étudié entre 4900 et 2100 Å. Il ne présente pas de raies entre 4900 et 4040 Å ni au-dessous de 2580 Å. La région la plus

typique est comprise entre 2700 et 2600 Å. La précision des mesures dans cette dernière région est celle du dixième d'angström ; elle devient trois ou quatre fois moindre au voisinage de 4000 Å. L'attribution au spectre Zn IV de quelques raies très faibles demeure douteuse, mais nous ne pensons pas qu'il y ait d'ambiguïté pour les raies plus fortes. Aucune des raies que nous donnons ne figure dans les listes du zinc publiées jusqu'ici.

Le spectre Zn IV doit être rapproché du spectre Cd IV découvert par F. Esclangon ([1]) dans la décharge sans électrodes et du spectre Hg IV que nous avons signalé nous-mêmes ([2]) dans nos études sur les spectres d'étincelle du mercure.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Polarisation par diffraction éloignée au bord rectiligne d'un écran d'acier.* Note de M. **Jean Savornin**, présentée par M. A. Cotton.

1. Lorsque de la lumière polarisée rectilignement tombe sur l'arête aiguë d'un écran métallique, les deux composantes parallèle et perpendiculaire à l'arête sont inégalement diffractées. Si le rapport des amplitudes de ces composantes est 1 dans la lumière incidente (vibration orientée à 45° de l'arête), il prend dans la lumière diffractée une valeur $A_{\text{perp.}}/A_{\text{parall.}} = \sigma/\pi$ qui dépend de l'angle de déviation. Une faible différence de phase $\varphi$ apparaît aussi, et la vibration diffractée suivant une direction déterminée est légèrement elliptique; son grand axe fait un angle $\alpha$ avec l'arête de l'écran ([3]).

Les résultats publiés jusqu'ici étant très divergents et ne permettant de tirer aucune conclusion nette, nous avons repris ces expériences. Nous avons mesuré la rotation $(\alpha - \pi/4)$, pour la raie D, en utilisant les méthodes polarimétriques actuelles : source à brillance élevée (lampe-tube à vapeur de Na), polariseur de Glazebrook, analyseur Lippich. L'écran diffractant est une lame de rasoir Gibbs : l'expérience nous a donné, contre toute attente, avec des lames différentes de cette origine, des résultats pratiquement identiques. Les valeurs de tang $\alpha$ observées se reproduisent à 1 ou 2 pour 100 près.

L'angle des deux faces du tranchant est 16° environ; le microscope

---

([1]) F. Esclangon, *Journ. de Phys. et le Radium*, 7, 1926, p. 52.

([2]) L. et E. Bloch, *Journ. de Phys. et le Radium*, 4, 1923, p. 333.

([3]) $\varphi$ étant toujours très faible, tang $\alpha$ est très voisin de $\sigma/\pi$.

montre que les irrégularités transversales de l'arête sont inférieures au micron. La lumière incidente était légérement convergente (6°); on examinait la lumière diffractée *intérieurement*, le cône des rayons utilisés était de 3°,5. Les résultats pour une même arête sont résumés dans le tableau suivant (deuxième ligne) :

| Déviations (degrés)... | 0. | 5. | 10. | 15. | 20. | 25. | 30. | 35. | 40. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tang $\alpha$ observé.......... | 1,00 | 1,10 | 1,22 | 1,34 | 1,45 | 1,61 | 1,76 | 1,98 | 2,22 |
| tang $\alpha$ calc. : *a*......... | 1,00 | 1,10 | 1,22 | 1,35 | 1,51 | 1,70 | 1,93 | 2,22 | 2,56 |
| » *b*......... | 1,00 | 1,09 | 1,21 | 1,34 | 1,49 | 1,68 | 1,91 | 2,18 | 2,56 |
| » *c*......... | 1,00 | 1,09 | 1,19 | 1,30 | 1,43 | 1,57 | 1,73 | 1,92 | 2,14 |
| » *d*......... | 1,00 | 1,07 | 1,15 | 1,24 | 1,34 | 1,46 | 1,59 | 1,74 | 1,91 |
| » *e*......... | 1,00 | 1,05 | 1,12 | 1,19 | 1,26 | 1,36 | 1,46 | 1,58 | 1,70 |
| Obs. Gouy............. | 1,00 | – | – | – | 2,1 | – | – | – | 4,5 |
| » Jentzsch.......... | 1,00 | 1,24 | 1,54 | 1,86 | 2,24 | 2,61 | 3,02 | 3,56 | 4,20 |

2. Nous avons calculé les valeurs de tang $\alpha$ que donne la théorie électromagnétique, dans diverses hypothèses :

*a*. Écran en forme de coin d'angle 16°, parfaitement réfléchissant; formules de Poincaré (1);

*b* Écran en forme de cylindre parabolique de courbure maxima $\pi/\lambda$; formules d'Epstein (2);

*c*. Écran infiniment mince et parfaitement réfléchissant; formules de Sommerfeld (3);

*d*. Écran de pouvoir réflecteur égal à celui de l'acier pour la raie D, et de forme (*a*); formules de Raman et Krishnan (4);

*e*. Écran id., de forme (*c*), (4).

Dans les hypothèses *a*, *b*, *c*, l'ellipticité est nulle, et l'on a tang $\alpha = \sigma/\pi$.

Nous avons porté aussi dans le tableau les résultats expérimentaux de Gouy (5) (nombres $\sigma/\pi$ tirés des valeurs $i/i' = \pi^2/\sigma^2$ données par l'auteur, et obtenues en lumière incidente non polarisée avec de larges cônes de rayons : 11°), et ceux de F. Jentzsch (6) (nombres déduits de ses résultats par interpolation). Ces deux auteurs utilisaient la lumière blanche. Les nombres donnés par W. Wien (7) semblent d'une interprétation douteuse.

(1) *Acta mathem.*, 16, 1892, p. 297, et 20, 1896, p. 313.
(2) *Enzyk. der math. Wiss.*, 5, III, 1915, p. 491.
(3) *Math. Annalen*, 47, 1896, p. 317.
(4) *Proc. Roy. Soc.*, 116, 1927, p. 254.
(5) *Ann. de Chim. et Phys.*, 8, 1886, p. 166.
(6) *Ann. der Phys.*, 84, 1927, p. 292.
(7) *Ann. der Phys. u. Chem.*, 28, 1886, p. 117.

Jentzsch a déterminé $\sigma/\pi = \tan\alpha/\tan\theta$ pour les azimuts $\theta = 45°$ et $55°$ de la vibration incidente, et trouvé des valeurs nettement plus grandes (jusqu'à 10 pour 100) pour 55° que pour 45°. Nous n'avons trouvé aucune anomalie de ce genre, pour des valeurs de $\theta$ très différentes :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\theta$ | 15° | 25° | 35° | 45° | 60° | 65° |
| $\alpha$ | 21°,8 | 35°,1 | 46°,3 | 56°,2 | 68°,9 | 72°,7 |
| $\tan\alpha/\tan\theta$ | 1,49 | 1,50 | 1,49 | 1,49 | 1,49 | 1,49 |

3. Les expérimentateurs s'accordent pour trouver que $\sigma/\pi$ augmente lorsqu'on émousse l'arête; avec une arête de forme géométriquement parfaite, on obtiendrait des valeurs de $\sigma/\pi$ inférieures à celles que donne l'expérience. Or nos résultats se placent sur une courbe voisine de celle de Sommerfeld, mais située *au-dessous* de celles de Poincaré et d'Epstein; on pourrait trouver là un argument en faveur du perfectionnement théorique de Raman et Krishnan, qui a pour conséquence de diminuer les valeurs $\sigma/\pi$ données par un écran parfaitement réfléchissant.

FLUORESCENCE. — *Influence du solvant sur la loi de variation du pouvoir fluorescent de certaines matières colorantes en fonction de la concentration de leurs solutions.* Note de M. **Jean Bouchard**, présentée par M. C. Matignon.

1. La loi exponentielle indiquée par Francis Perrin [1] pour traduire la décroissance du pouvoir fluorescent $\Phi$ d'une solution en fonction de la concentration $c$ de la matière fluorescente

$$\Phi = \Phi_0 e^{-kc}$$

contient deux coefficients : $\Phi_0$ et $k$. Nous nous sommes proposé d'étudier comment varient ces coefficients avec la nature du solvant.

Ayant représenté en fonction de $c$ le logarithme des valeurs du pouvoir fluorescent $\Phi$ fourni par le fluoromètre de Francis Perrin, nous avons constaté que, dans tous les cas étudiés, la loi de variation est linéaire jusqu'à des valeurs assez élevées de la concentration, à condition toutefois d'opérer à pH constant. L'ordonnée à l'origine de la droite fait connaître le pouvoir fluorescent limite $\Phi_0$; son coefficient angulaire est égal au coeffi-

(1) Francis Perrin, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1978.

cient $k$ (dont l'inverse donne la concentration relative à l'optimum de fluorescence pour une épaisseur infiniment petite de solution).

Les mesures ont porté sur des solutions d'uranine, d'éosine, de diverses rhodamines et diverses acridines dans des mélanges d'eau avec l'acétone, la pyridine, l'aldéhyde formique et quelques alcools, dans des solutions de divers sucres, d'urée, etc.

On constate ainsi : *a.* que le pouvoir fluorescent limite $\Phi_0$, relatif à une matière fluorescente donnée, est indépendant du solvant qui lui est associé à condition de n'introduire dans la solution aucun inhibiteur; *b.* que le coefficient $k$ dépend du solvant.

2. En prenant comme solvants des mélanges d'eau et de divers alcools dont les viscosités sont peu différentes, mais dont les pouvoirs inducteurs spécifiques $\varepsilon$ éprouvent des variations notables suivant la composition du mélange, nous avons reconnu que le coefficient $k$ varie dans le même sens que $\varepsilon$. C'est ce que montrent les résultats contenus dans le tableau suivant qui donne pour l'uranine les coefficients $k$ relatifs à des mélanges contenant $\rho^{cm^3}$ d'alcool pour $100^{cm^3}$ de solution, ainsi que la valeur $\varepsilon$ du pouvoir inducteur spécifique du solvant mesurée à la température de 15° et à la fréquence $\gamma = 10^6$ p/sec (l'uranine était dissoute en solution NaOH N/10 et pour le calcul de $k$ on a supposé la concentration en uranine exprimée par la masse de fluorescéine acide contenue dans $1^{cm^3}$ de solution).

| | Alcool méthylique. | | Alcool éthylique. | | Alcool isopropylique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\rho$. | $\varepsilon$. | $k$. | $\varepsilon$. | $k$. | $\varepsilon$. | $k$. |
| 0...... | 81,1 | $0,488.10^3$ | 81,1 | $0,488.10^3$ | 81,1 | $0,488.10^3$ |
| 25...... | 69,9 | 0,310 » | 65,5 | 0,248 » | 59,5 | 0,193 » |
| 50...... | 58,0 | 0,183 » | 49,2 | 0,155 » | 43,8 | 0,135 » |
| 75...... | 45,4 | 0,134 » | 37,8 | 0,116 » | 30,2 | 0,100 » |
| 100...... | 32,1 | 0,103 » | 24,2 | 0,087 » | 18,0 | 0,080 » |

La variation du coefficient $k$ en fonction du pouvoir inducteur spécifique peut être sensiblement représentée par une relation hyperbolique de la forme

$$k = \frac{1}{A - B\varepsilon}. \tag{2}$$

A et B étant des constantes qui dépendent de la matière fluorescente.

3. En prenant comme solvants des mélanges d'eau et de glycérine ou des solutions de divers sucres dont la viscosité diffère notablement de celle de l'eau, on constate que la diminution du coefficient $k$ en fonction de $\varepsilon$ est plus

rapide que ne l'indique la relation (2). Autrement dit, pour un pouvoir inducteur spécifique donné, un accroissement de la viscosité entraîne une diminution du coefficient $k$.

4. Nous avons montré antérieurement que le pouvoir fluorescent d'une solution contenant la substance fluorescente sous la concentration $c$ et un inhibiteur incolore sous la concentration $s$ est fourni par la relation

$$\Phi = \Phi_0 e^{-(kc+hs)} = \Phi_0 e^{-hs} . e^{-kc}, \tag{3}$$

d'où il résulte que le pouvoir fluorescent limite $\Psi_0 = \Phi_0 e^{-hs}$ diminue exponentiellement en fonction de $s$.

La relation (3) n'est valable que dans les limites où l'on peut considérer que la présence de l'inhibiteur n'altère pas sensiblement le pouvoir inducteur spécifique et la viscosité du solvant. Lorsqu'il n'en est pas ainsi, il faut lui substituer la relation plus compliquée,

$$\Phi = \Phi_0 e^{-(kc+hs-asc)} = \Phi_0 e^{-hs} . e^{-(k-as)c},$$

montrant que la diminution du pouvoir inducteur spécifique et l'accroissement de viscosité du solvant produits par l'inhibiteur entraînent une diminution du coefficient $k$.

COLLOÏDES. — *Relation entre l'ascension des granules colloïdaux dans les corps poreux et leur adsorption dans le support où se produit l'ascension.* Note de MM. **Augustin Boutaric** et **Marius Peyraud**, présentée par M. C. Matignon.

1. Lorsqu'on étudie l'ascension des solutions de matières colorantes ou des solutions colloïdales colorées additionnées d'électrolytes dans des bandelettes de papier filtre, la simple observation permet de reconnaître que toute addition entraînant une accélération notable de la vitesse d'ascension se traduit par un affaiblissement de la teinte que prend le papier, et que toute diminution de la vitesse d'ascension s'accompagne au contraire d'un renforcement de cette teinte.

Aussi nous sommes-nous proposé de rechercher s'il n'y aurait pas une relation entre l'ascension des colloïdes et des matières colorantes dans les corps poreux et leur fixation par adsorption sur le support dans lequel s'effectue l'ascension.

2. Pour les divers colloïdes et matières colorantes sur lesquels ont porté

nos mesures d'ascension dans des bandelettes de papier filtre (filtre Durieux sans cendre), nous avons déterminé les isothermes d'adsorption relatives à ce papier, les solutions colloïdales ou colorantes étant ou non additionnées d'électrolytes.

Dans $20^{cm^3}$ de solution, on introduisait des poids de papier égaux à $0^g,25$, $0^g,5$, $1^g$ et $2^g$; on déterminait la concentration finale au bout de deux heures par une méthode spectrophotométrique. Sur la courbe tracée en portant en ordonnées les concentrations $s$ de matière colorante dans le papier et en abscisses les concentrations finales $c$ de la solution, on pouvait relever la valeur de la concentration d'adsorption $\sigma$ dans le papier relative à la concentration de la matière colorante sur laquelle avait porté la mesure de la vitesse d'ascension.

3. A partir d'un sol de sulfure d'arsenic à $5^g$ par litre, débarrassé de $H^2S$ par passage d'un gaz inerte, puis longuement dialysé, nous avons préparé des mélanges par dilution à volumes égaux soit dans de l'eau distillée, soit dans des solutions de NaCl à diverses concentrations. Sur les mélanges ainsi obtenus nous avons effectué des mesures d'ascension et de fixation. En l'absence d'électrolyte, la concentration d'adsorption $\sigma$ de $As^2S^3$ dans le papier est sensiblement nulle; elle croît avec la concentration de NaCl, en même temps que décroît la vitesse d'ascension.

Pour un hydrosol d'hydrate ferrique à granules positifs, l'addition de $Cl^3Fe$, sous des concentrations croissantes, augmente d'abord la vitesse d'ascension; celle-ci passe par un maximum, décroît et finit par s'annuler. Corrélativement, la concentration d'adsorption $\sigma$ de l'hydrate ferrique dans le papier va d'abord en diminuant, passe par un maximum et croît ensuite.

Avec le sulfure d'arsenic aussi bien qu'avec l'hydrate ferrique, la courbe qui représente les vitesses initiales d'ascension en fonction de la concentration d'adsorption $\sigma$ est une courbe décroissante d'allure hyperbolique.

4. En ce qui concerne l'ascension dans les bandes de papier filtre, les solutions de matières colorantes colloïdales à granules négatifs se comportent par addition d'électrolytes comme le sol de sulfure d'arsenic, et les solutions de matières colorantes colloïdales à granules positifs comme le sol d'hydrate ferrique : dans tous les cas la vitesse d'ascension varie en sens inverse de l'adsorption.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des solutions aqueuses de sulfate cuivrique sur l'hydroxyde cuivrique*. Note (¹) de M. O. BINDER, présentée par M. G. Urbain.

Les solutions aqueuses de sulfate de cuivre réagissent sur l'hydroxyde de cuivre en donnant une poudre vert pâle qui est considérée comme un sulfate basique.

M. Sabatier (²) a montré qu'en solution diluée (contenant moins d'un atome-gramme de Cu par litre), la substance amorphe qui se forme correspond au sel tétracuivrique $SO^3.4CuO.4H^2O$. En solution saturée de sulfate de cuivre, ce sel tétracuivrique fixerait une molécule de sulfate cuivrique en se transformant en un sel cristallin de formule $2SO^3.5CuO.5H^2O$.

Ces recherches ont été poursuivies récemment par d'autres auteurs, qui concluent soit à l'absence de composés définis (³), soit à la formation de sels basiques ayant les formules les plus diverses (⁴).

Il était nécessaire de reprendre la question, en complétant les résultats de la méthode des restes de Schreinemakers par l'étude des spectres de diffraction de rayons X des phases solides (méthode de Debye et Scherrer).

5 grammes d'hydroxyde cuivrique ont été placés dans $100^{cm^3}$ de sulfate de cuivre à diverses concentrations, à la température ordinaire (22°). On agite pour homogénéiser le produit formé jusqu'à ce que l'on ait constaté que l'équilibre est atteint. La composition du produit obtenu est déterminée par la méthode des restes. A cet effet, dans chaque prise de solution ou de sel imprégné d'eau mère, le cuivre est dosé par électrolyse, l'anhydride $SO^3$, par gravimétrie, et l'eau par différence. En traduisant les résultats d'analyse sur un diagramme rectangulaire, les coordonnées du point de rencontre des droites obtenues correspondent — aux erreurs expérimentales près — au rapport stœchiométrique simple $CuO/SO^3 = 4$, pour des con-

---

(¹) Séance du 5 février 1934.

(²) P. SABATIER, *Comptes rendus*, 125, 1897, p. 101.

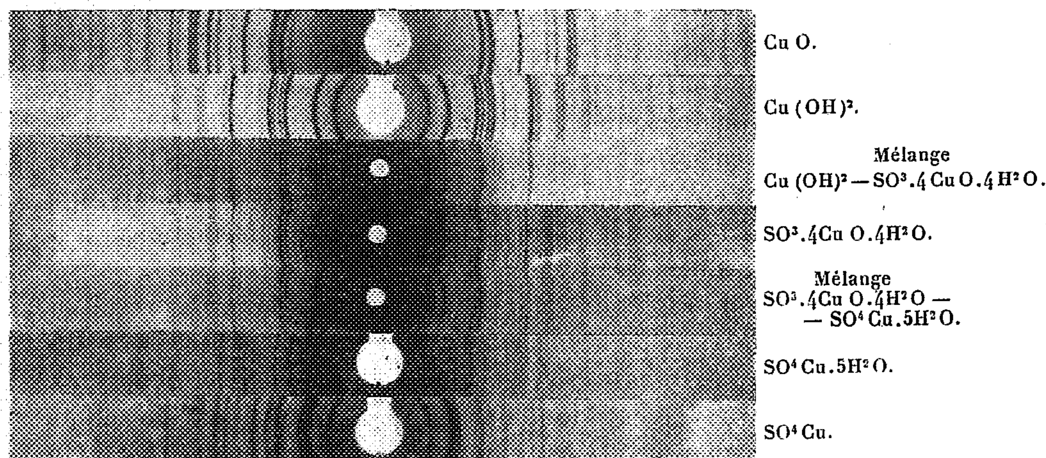
(³) J. M. BELL et W. C. TABER, *J. Phys. Chemistry*, 12, 1908, p. 171; S. W. YOUNG et A. E. STEARN, *J. Am. Chem. Soc.*, 38, 1916, p. 1947.

(⁴) J. M. BELL et G. M. MURPHY, *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 1500; H. T. S. BRITTON, *J. Chem. Soc. London*, 127, 1925, p. 2796, et 1926, p. 2868; G. FOWLES, *J. Chem. Soc. London*, 1926, p. 1845; E. POSNJAK et G. TUNELL, *Am. J. Sci.*, 18, 1929, p. 1.

centrations initiales en sulfate de cuivre supérieures à 0,25 molécule-gramme par litre. En outre, le spectre de diffraction de rayons X reste le même, que le sel soit sec ou imbibé d'eau mère, et l'analyse directe du produit formé conduit aux rapports simples $CuO/SO^3 = 4$ et $H^2O/SO^3 = 4$; il s'agit donc bien d'une combinaison définie de composition $SO^3.4CuO.4H^2O$.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° A la température ordinaire, l'action de $Cu(OH)^2$ sur une solution aqueuse de $SO^4Cu$ donne bien l'une des deux combinaisons décrites par




Spectres de diffraction de rayons X (Kα de Cu).

M. Sabatier. L'équilibre s'établit d'autant plus vite que la concentration de la solution de sulfate cuivrique est plus grande. Le sulfate basique obtenu est microcristallisé et possède un spectre de diffraction de rayons X caractéristique [1]. Ce sel est stable à l'air à toute température inférieure à 150°, ainsi que sous le vide sulfurique ou phosphorique. Il est insoluble et stable dans l'eau, ce qui permet de le purifier par lavage.

2° On obtient un mélange formé de $Cu(OH)^2$ et de $SO^3.4CuO.4H^2O$ chaque fois que la concentration de la solution en sulfate cuivrique n'est

---

(1) Toutefois le diagramme renferme, avec une intensité faible, les raies fortes de $Cu(OH)^2$, ce qui doit être attribué à une transformation incomplète d'hydroxyde cuivrique. Dans cet ordre d'idées, MM. G. Champetier et U. V. Thuau (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 93) avaient déjà montré que le sulfate basique obtenu par M. Sabatier possède un diagramme caractéristique.

pas suffisante pour amener la transformation complète de l'hydroxyde cuivrique. Si l'on n'agite pas la préparation, on voit alors se déposer deux couches superposées et bien distinctes : une couche inférieure bleue d'hydroxyde cuivrique et une couche supérieure vert bleuté de sulfate basique; la solution surnageante devient incolore par suite du départ des ions $Cu^{++}$. Le spectre de diffraction de rayons X de la partie insoluble présente alors à la fois les raies du sel basique et celles de l'hydroxyde cuivrique.

3° Inversement, on obtient un mélange formé de $SO^3.4CuO.4H^2O$ et de $SO^4Cu.5H^2O$ lorsque la concentration de la solution en sulfate cuivrique est supérieure à celle correspondant à la transformation complète de l'hydroxyde cuivrique. Le spectre de diffraction de rayons X contient les raies du sulfate cuivrique pentahydraté. Par lavage à l'eau, le sulfate basique peut être débarrassé du sulfate cuivrique absorbé, ainsi que le montre le spectre de diffraction de rayons X.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur des bismutho-iodures alcalins.*
Note de M. **Daniel Motard**, présentée par M. G. Urbain.

L'étude des bismutho-iodures alcalins a fourni grâce aux travaux de Rammelsberg, d'Arppe, de Linau, de Nicklès, d'Astre et de Vournazos une importante série déjà ancienne dont les formules proposées varient souvent avec les auteurs.

Une préparation d'ordre plutôt synthétique accompagnée d'une épuration du sel double par l'acétone, qui a produit l'isolement des cristaux sans altération, m'a fourni des résultats nets quant à la mise au point d'une série limitée de bismutho-iodures de potassium et de sodium.

Principe de la préparation — 1° *Cas des iodures doubles anhydres.* — Du bismuth a été finement pulvérisé juste avant l'expérience et ajouté à une solution alcoolique concentrée d'iode. Le tout a été ensuite additionné d'une solution de KI dans l'alcool à 85° ou de NaI dans l'alcool à 90°. Après agitation prolongée, le mélange est abandonné quelques heures seulement. Une masse brune cristalline s'est déposée, elle a été reprise par de l'acétone, puis évaporée. L'iodure double a cristallisé.

2° *Cas des iodures doubles hydratés.* — La méthode est comparable. La modification consiste à réaliser le mélange précédent avec une solution saturée de KI ou de NaI dans l'eau. Après combinaison, filtration, dépôt cristallin, on reprend par l'acétone.

PRINCIPE DE L'ANALYSE. — Un examen microchimique m'a permis de vérifier la pureté des cristaux homogènes.

D'autre part, les éléments ont été dosés comme il suit. L'iode a été déterminé par action d'une solution titrée d'hyposulfite de sodium sur une solution d'iode dans du sulfure de carbone. Le bismuth a été précipité à l'état de carbonate, puis dosé sous forme d'oxyde.

Les proportions de métal alcalin ont été calculées par l'intermédiaire du sulfate. Enfin, l'eau a été dosée par perte de poids.

RÉSULTATS. — 1° *Iodures doubles de* Bi *et de* K. — Les procédés précédents m'ont permis d'obtenir nettement les quatre bismutho-iodures de potassium répondant aux formules suivantes :

$(BiI^3)^2KI$, très petits cristaux bruns;
$(BiI^3)^2$, 2KI, $2H^2O$, longues aiguilles noires;
$(BiI^3)^2$, 3KI, $2H^2O$, aiguilles brunes;
$(BiI^3)^2$, 4KI, cristaux formés de petits prismes bruns.

Les variations de concentration en KI, les réactions à des températures variées, tous les essais dans les changements de proportions des constituants ne m'ont pas fourni d'autres sels doubles que ceux de la série précédente, série naturelle de composés formés par la combinaison de deux molécules d'iodure de bismuth avec 1, 2, 3, 4 molécules de KI.

Il s'ensuit qu'après ces réalisations, j'ai répété plusieurs fois ces expériences en utilisant des masses de KI, de Bi et de I rigoureusement correspondant à celles des molécules des iodures doubles. La combinaison était toujours entière et les résultats demeuraient inchangés. La teneur en eau reste fixée à 2 molécules.

Ces résultats obtenus par une méthode commune et générale doivent-ils exclure les formules proposées pour d'autres iodures doubles de Bi et de K? La série normale des quatre bismutho-iodures précités paraît être complète; $(BiI^3)^2$, 5KI n'a jamais été préparé. $(BiI^3)^2$, 6KI signalé par Astre (¹) et Vournazos (²) n'a pu être réalisé par ma méthode. J'ai repris les importants travaux d'Astre sur les bismutho-iodures relatés dans sa Thèse. Les résultats concordent avec les miens sauf pour $(BiI^3)^2$, 6KI. Les lamelles rouges rubis obtenues à partir du nitrate de Bi, de KI et de $H^2O$ contiennent de l'oxyiodure de bismuth, du $BiI^3$ et des cristaux de KI.

---

(¹) *Comptes rendus*, **110**, 1890, p. 525, 1137, et *Thèse Pharmacie*, Montpellier, 1890.

(²) *Comptes rendus*, **166**, 1918, p. 526.

Les méthodes de Vournazos et celles plus anciennes de Arppe [1] et de Linau [2] reprises dans les mêmes conditions ne m'ont pas fourni de nouveaux iodures doubles. Je crois donc la série précédente limitée à l'iodure double supérieur $(BiI^3)^2 4KI$.

2° *Iodures doubles de* Bi *et de* Na. — La méthode de préparation dont j'ai indiqué le principe met en évidence trois sels doubles seulement de Bi et de Na :

$BiI^3$, NaI, cristaux bruns à reflets rougeâtres;
$BiI^3$, NaI, $H^2O$, cristaux plus foncés d'un brun noir;
$BiI^3$, NaI, $2H^2O$, cristaux plus clairs d'un brun grenat.

Ces résultats concordent parfaitement avec les travaux de Nicklès et d'Astre. Le nombre de molécules d'eau reste fixé à 1 ou 2 au maximum. Les précautions prises comme dans le cas précédent assurent l'homogénéité de ces trois sels et la mise au point des formules correspondantes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le microdosage rapide du phosphore dans les produits organiques*. Note [3] de M. **A. Vila**, présentée par M. G. Bertrand.

Le phosphore contenu en très petite quantité dans les produits biologiques s'estime avec une approximation suffisante en utilisant la méthode utilisée par Eggertz et von Jupner [4], au début de la métallurgie par le procédé Thomas, pour doser le phosphore dans l'acier.

Le mode opératoire encore appliqué dans les aciéries consiste à précipiter le phosphore des solutions à l'état de phosphomolybdate d'ammonium et à mesurer le volume de ce précipité sédimenté par application d'une force centrifuge *constante*.

*Destruction des matières organiques*. — La calcination en présence d'alcali fixe, libre ou carbonaté, est le procédé de destruction le plus commode.

Il évite la perte des traces d'acide phosphorique entraînées avec les

---

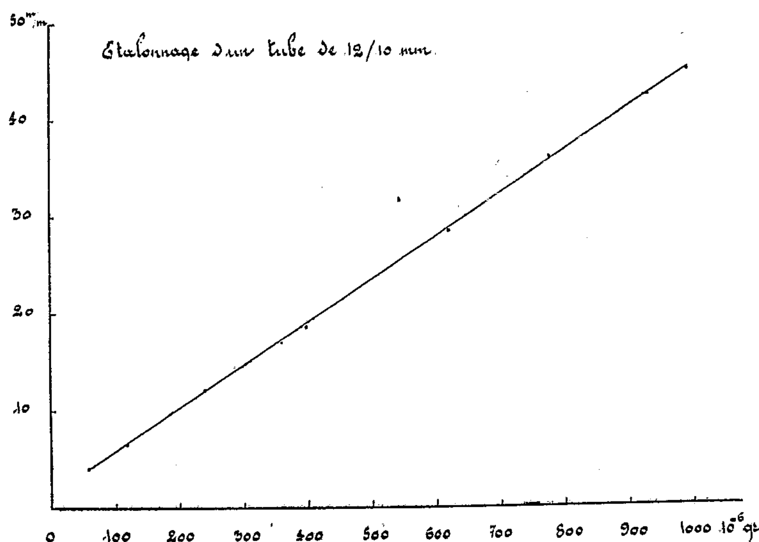
(1) *Pogg. Ann.*, 64, 1845, p. 237.
(2) *Pogg. Ann.*, 111, 1860, p. 242.
(3) Séance du 5 février 1934.
(4) *Rev. de Liége*, juin 1895, p. 320; Campredon, *Guide pratique du Chimiste métallurgiste et de l'Essayeur*, 1909, p. 550.

vapeurs acides au cours de certains modes d'attaques par l'acide azotique. Il active la combustion.

L'addition de 20 à 40$^{mg}$ de soude à 0$^{g}$,3 ou 0$^{g}$,4 de matière organique sèche fait achever l'incinération en moins de 5 minutes par l'effet de la catalyse oxydante due au métal alcalin.

Après avoir séparé la silice et l'arsenic, s'il en existe dans la dissolution de la cendre alcaline, la solution est prête pour le dosage.

*Séparation du phosphore.* — L'insolubilité remarquable du phosphomo-




lybdate d'ammonium dans le réactif molybdique [1] permet de séparer un millième de milligramme de phosphore en solution.

La séparation complète de ces doses minimes est assurée par l'addition d'un volume de réactif au moins égal au volume de la solution à titrer et par un séjour d'environ 10 minutes dans l'eau bouillante.

Le précipité est formé de microcristaux, maclés en étoiles d'égales dimensions, qui se fragmentent et se tassent avec une régularité favorable à la mesure.

*Dosage stratimétrique.* — Pour évaluer de très petites quantités de phosphore, le tube gradué des aciéristes est remplacé par un tube semi-capillaire, calibré, de 6$^{cm}$ de longueur, fermé à une extrémité et soudé à l'autre à un entonnoir cylindrique. Ces tubes se placent facilement dans les gaines

(1) Molybdate d'ammonium, 20$^{g}$; $SO^4H^2$, 50$^{cm^3}$; $NO^3NH^4$, 340$^{g}$; $H^2O$, q. s. p. 1$^{l}$.

d'aluminium des petits centrifugeurs électriques des laboratoires de biologie.

Deux tubes calibrés au moins sont nécessaires : l'un de $2^{mm}$ de diamètre, pour les dosages de $0^{mg},5$ à $2^{mg}$, l'autre de $1^{mm},2$ pour les dosages de $0^{mg},2$ à $0^{mg},9$ de phosphore.

On abaisserait encore la dose de phosphore mesurable avec la même précision, en utilisant un troisième tube de diamètre inférieur.

Le phosphomolybdate d'ammonium est centrifugé 5 minutes à la vitesse de 3000 tours à la minute.

On lit la hauteur du précipité déposé en plaçant derrière le tube un papier quadrillé millimétrique. Cette hauteur correspond à une teneur en phosphore indiquée par un graphique obtenu en construisant la courbe d'étalonnage des tubes semi-capillaires de même diamètre.

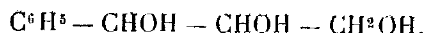
En appliquant cette technique, on constate que les résultats de dosages de quantités croissantes de phosphore donnent un graphique à tracé linéaire. Les points contrôlés du graphique sont vérifiés par plusieurs dosages de mêmes prélèvements de solutions M/500 et M/100 de phosphate monopotassique pur.

Pour de mêmes quantités de phosphore, la somme des erreurs expérimentales d'un dosage soigné se traduit au maximum par un écart de $\pm 1^{mm}$ dans la hauteur du précipité. Si cet écart est donné par des valeurs représentées dans les deux tiers supérieurs de la courbe d'étalonnage, l'erreur relative du dosage ne dépasse pas 2 à 5 pour 100. Cette précision peut toujours être atteinte en choisissant le tube calibré convenant au dosage.

Abstraction faite des retards occasionnés par la séparation de la silice ou de l'arsenic, la durée de ce dosage, y compris l'attaque, ne dépasse pas une demi-heure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la connaissance des stycérols.* Note de MM. **Ch. Prévost** et **Losson**, présentée par M. Delépine.

La formule plane des stycérols :



$$C^6H^5 - CHOH - CHOH - CH^2OH,$$

fait prévoir quatre stéréoisomères deux à deux énantiomorphes. Les synthèses partant de corps inactifs doivent donc conduire soit à un racémique, soit à un mélange de deux racémiques.

M. Gimel [1], appliquant au benzoate de cinnamyle la méthode de benzoxylation décrite par l'un de nous [2], a obtenu, d'une part un éther tribenzoïque fondant à 152° (α), d'autre part un corps fondant mal aux environs de 108°. Le premier correspond au stycérol α fondant à 99°,5.

Nous avons repris l'étude du corps fondant vers 108°, et nous avons bientôt constaté que ce n'est pas une espèce chimique définie, mais un mélange de tribenzoate α et de son isomère, mélange peu différent de leur eutectique.

La séparation de ce mélange fut extrêmement laborieuse, et, faute de données précises sur le choix d'un solvant convenable, nous avons dû effectuer une centaine de cristallisations dans les solvants les plus divers.

Nous avons enfin isolé l'éther tribenzoïque du stycérol β à l'état pur et vérifié son identité par un indice de saponification très correct.

Le tribenzoate du stycérol β cristallise de la ligroïne en houppes soyeuses fondant nettement à 116°,5.

En possession des deux constituants purs, nous avons établi le diagramme thermique de leurs mélanges en proportions variables. Ce diagramme est caractérisé par la présence d'un eutectique fondant à 109°,5, renfermant 78 pour 100 de forme β. Le *solidus*, que nous n'avons pu établir qu'entre 10 et 90 pour 100 de l'une des formes dans le mélange est, dans cet intervalle, rigoureusement une droite horizontale d'ordonnée 109°,5.

La connaissance du diagramme nous a permis *a posteriori* une analyse rapide des mélanges et a indiqué une technique beaucoup plus rapide pour leur séparation. En effet, l'alcool bouillant dissout le benzoate β très facilement, et, dans la solution bouillante en présence d'un excès des deux corps, le rapport du poids de corps β dissous au poids de corps α dissous est plus grand que le rapport de ces poids dans la composition de l'eutectique. C'est le contraire dans la ligroine à froid. L'emploi judicieux de ces deux solvants permet donc une séparation rapide. Dans la plupart des solvants froids, les solubilités sont telles que la partie dissoute ne s'écarte jamais beaucoup de la composition de l'eutectique, ce qui explique les difficultés rencontrées dans la première séparation, difficultés augmentées par de grands retards à la cristallisation.

Le stycérol β racémique, bien que nous ayons effectué la saponification

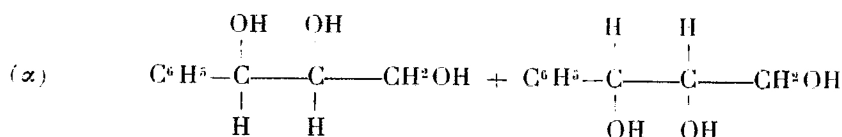
---

(1) *Thèse de Doctorat d'Université*, Mention Pharmacie, Nancy, 1933.

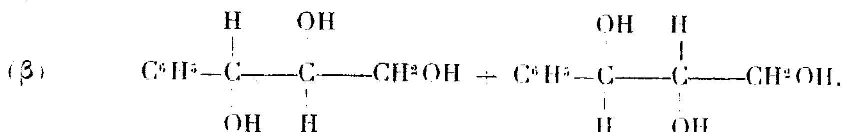
(2) Prévost, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1129.

du benzoate de façon à éliminer toutes impuretés, métalliques ou autres, n'a pas encore cristallisé malgré nos tentatives de dissolution dans divers solvants. C'est un liquide extrêmement visqueux, incolore, soluble dans très peu d'eau ou d'alcool, ou dans beaucoup d'éther froid ou de benzène bouillant. Il ne paraît pas hygroscopique.

Nous n'avons pas élucidé directement la constitution des stycérols α et β. Considérant qu'il se forme environ 15 pour 100 de forme α pour 85 pour 100 de forme β et que la *transfixation* semble prépondérante dans d'autres exemples de benzoxylation au complexe iodo-argento-benzoïque(¹), le stycérol α serait le racémique :



et, par conséquent, le stycérol β serait



Nous avons un moment pensé obtenir plus de forme β dans la benzoxylation de l'éther $C^6H^5—CH(OCOC^6H^5)—CH=CH^2$, la constitution stérique du carbone asymétrique de droite semblant, dans ce cas, devoir être plus indépendante de celle du carbone asymétrique de gauche. L'expérience a montré qu'il n'en est rien, car le mélange des tribenzoates ainsi obtenu semble contenir moins de 10 pour 100 de forme β.

Il y aurait donc une forte orientation, tendant à donner au nouveau carbone asymétrique formé une constitution stérique identique à celle du carbone asymétrique voisin.

C'est ce point, très important pour des synthèses ultérieures, que nous avions surtout en vue d'élucider.

---

(¹) Prévost, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1662.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation du triphényl-*1.1′.3′*-carboxy-*3*-rubène*, $C^{36}H^{23}.CO^2H$, *et de ses sels alcalins*. Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. Delépine.

Nous avons signalé antérieurement [1] que le tétraphényl-1.3.1′.3′-bis-époxy-1.1′.3.3′-tétrahydro-1.3.1′.3′-rubène ou isooxyrubène $C^{42}H^{28}O^2$, réagit à l'abri de l'air, sur le magnésium en présence d'iodure de méthylmagnésium pour donner naissance à un dérivé magnésien rouge brique auquel on a attribué la composition $C^{36}H^{23}$—Mg—$OC^6H^5$; ce magnésien, par action de $H^2O$, est transformé en triphénylrubène $C^{36}H^{24}$, tandis que, par action de $CO^2$ d'abord d'un acide minéral ensuite, il fournissait un acide. L'objet de la présente Note a pour but l'étude de cet acide.

Les premières préparations du triphényl-1.1′.3′-carboxy-3-rubène ne nous avaient donné que de très faibles rendements ; on faisait réagir le gaz carbonique sec sur une suspension éthérée du magnésien $C^{36}H^{23}$-Mg-$OC^6H^5$, lequel restait à peu près insoluble dans l'éther. Après passage du courant gazeux, dans l'éther froid ou dans l'éther bouillant et après décomposition par l'eau puis par $SO^4H^2$ dilué, on recueillait, à la suite d'opérations malaisées, 20 pour 100 d'acide $C^{36}H^{23}.CO^2H$; le résidu était formé uniquement par du triphénylrubène.

Avant de pousser davantage l'étude de cet acide, j'ai cherché à en améliorer la préparation. La faible proportion d'acide dans le mélange final provenait vraisemblablement de l'attaque incomplète, par $CO^2$, du magnésien, qui restait insoluble dans l'éther. En effet il a suffi de remplacer l'éther par le benzène pour solubiliser le magnésien initial et obtenir finalement un rendement en acide à peu près intégral. Le toluène, le xylène ont fourni des résultats aussi favorables.

Après cristallisation dans le xylène, l'acide se présente en petits cristaux rouges fondant vers 405° en se décomposant (fusion instantanée au bloc d'or); l'analyse élémentaire correspond à la formule $C^{37}H^{24}O^2$. Cet acide, insoluble dans l'eau, est très peu soluble dans la plupart des solvants organiques, sa solubilité dans le benzène est de l'ordre de $0^g,15$ par litre à 20°. Les solutions sont rouges, mais non fluorescentes; les déterminations spec-

---

(1) Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 242.

trophotométriques en solution benzénique ne laissent apparaître que deux bandes d'absorption dans le visible dont les maxima se trouvent aux longueurs d'onde 5200 Å et 4900 Å. Par irradiation solaire en présence d'air, la solution benzénique se décolore.

*Sels alcalins.* — La fonction acide du composé $C^{36}H^{23}.CO^2H$ est mise en évidence par la formation de combinaisons salines en présence des bases minérales. C'est ainsi que des solutions alcooliques diluées de potasse, de soude, d'ammoniaque dissolvent facilement l'acide rubénique en donnant des solutions rouges à fluorescence jaune.

Des trois sels alcalins qui prennent ainsi naissance, c'est le sel de sodium qui a fait l'objet d'une étude particulièrement approfondie. On le prépare en mélangeant des quantités équimoléculaires d'acide $C^{36}H^{23}.CO^2H$ et de soude en solution alcoolique diluée; par concentration le corps cherché cristallise. Le dosage du métal sous forme de $SO^4Na^2$, ainsi que la régénération de l'acide initial, permettent de lui assigner la formule $C^{36}H^{23}.CO^2Na$.

Le triphényl-1.1'.3'-rubène carboxylate de sodium-3 se présente en cristaux rouges retenant une demi-molécule environ de solvant de cristallisation (alcool éthylique) que l'on élimine par chauffage dans le vide à 130°. Ces cristaux sont solubles dans l'alcool, même étendu d'eau, mais sont presque insolubles dans l'eau. En solution dans l'alcool éthylique, le sel $C^{36}H^{23}.CO^2Na$ possède une coloration rouge et une fluorescence jaune; son spectre d'absorption, en lumière visible, est comparable à ceux des autres dérivés rubéniques : trois bandes d'absorption dont les maxima sont à 5150 Å, 4850 Å et 4550 Å.

Enfin les solutions alcooliques du sel de sodium, sont particulièrement sensibles à l'action de la lumière solaire en présence d'air; elles se décolorent en donnant plusieurs produits qui sont en cours d'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les méthyl-1-cyclohexanols-3 cis et trans actifs.* Note de M. **Marcel Godchot** et M^lle **Germaine Cauquil**, présentée par M. Delépine.

En vue de recherches ultérieures, nous avons été amenés à préparer les deux méthyl-2-cyclohexanols-3 cis et trans doués du pouvoir rotatoire, en partant de la β-méthylcyclohexanone active retirée de la pulégone soit par

le procédé de Zélinsky ([1]), soit par le procédé de Rupe ([2]). La cétone active obtenue bout vers 168-169° [$d_4^{17} = 0,8694$; $(\alpha_D^{17}) = +13°,80$].

Par réduction par éther aqueux et le sodium, elle donne naissance presque uniquement au trans méthyl-1-cyclohexanol-3 lévogyre déjà décrit par d'autres chimistes, en particulier par Haller ([3]) tandis que l'hydrogénation catalytique au platine selon le procédé de Carothers et Adams fournit un mélange en proportions sensiblement égales des deux méthylcyclohexanols cis et trans. Pour les isoler, il suffit de séparer les *p*-nitrobenzoates par cristallisations fractionnées dans l'alcool méthylique, le *p*-nitrobenzoate de l'alcool cis se dépose le premier. Par saponification de ce dernier éther, on obtient ensuite le cis méthyl-1-cyclohexanol-3 lévogyre dans un grand état de pureté. Ce dernier corps avait été déjà obtenu par Gough, Hunter et Kenyon ([4]) en chauffant le *p*-toluène-sulfonate de l'alcool trans en présence d'alcool éthylique et d'acétate de potassium, mais avec un rendement assez faible.

Étant en possession à l'état pur des deux alcools, le cis, régénéré dans son paranitrobenzoate (P. F. 78-79°) et le trans, isolé de son phtalate acide (P. F. 92-93°), nous avons pu en déterminer différentes constantes physiques et étudier également certains de leurs dérivés caractéristiques. Les tableaux ci-dessous résument les résultats trouvés :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Dérivé *l*-trans..... | $Eb_{16} = 76-77°$; | $d_{16} = 0,9201$; | $n_D^{16} = 1,4589$; | viscosité $\eta_{16} = 0,3774$; |
| » *l*-cis....... | » 67-68°; | » 0,9274; | » 1,4590; | » 0,2652; |
| Dérivé *l*-trans..... | $[\alpha]_{589} = -4°,06$; | $[\alpha]_{578} = -4°,26$; | $[\alpha]_{546} = -4°,68$; | $[\alpha]_{436} = -7°,93$; à 16°; |
| » *l*-cis....... | » $-7°,29$; | » $-7°,83$; | » $-8°,76$; | » $-14°,20$; à 16°; |
| Dérivé *l*-trans..... | PhénYluréthane, F. = 117-117°,5; | | $[\alpha]_D = -23°,55$ ($c = 3,216$ dans l'alc. abs.); | |
| » *l*-cis....... | » 90° ; | | » $-12°,43$ » ; | |
| Dérivé *l*-trans..... | Paranitrobenzoate, F. = 45-45°,5; | | $[\alpha]_D = -2°,44$ ($c = 3,07$ alc. méthylique); | |
| » *l*-cis....... | » 78-79° ; | | » $-27°,15$ » ; | |
| Dérivé *l*-trans..... | Phtalate acide, F. = 92-93°; | | $[\alpha]_D = -13°,70$ ($c = 5,04$ benzène); | |
| » *l*-cis....... | » non obtenu cristallisé. | | | |

Oxydés par le mélange sulfochromique, ces deux alcools ont donné respectivement la 3-méthylcyclohexanone active (semicarbazone, P. F. 186°).

On peut noter les observations suivantes : il existe une différence assez sensible entre les points d'ébullition des deux stéréoisomères actifs, le *cis*

(1) *Berichte der deut. chem. Ges.*, **30**, 1897, p. 1532.

(2) *Ann. der Chemie*, **436**, 1924, p. 202.

(3) *Bull. Soc. chimique*, 3e série, **3**, 1905, p. 698.

(4) *Journal of the Chemical Society*, **131**, 1927, p. 2068.

bouillant notablement plus bas que le *trans*; la viscosité du *cis* est inférieure à celle du *trans*; les densités et indices de réfraction sont inférieurs à celle du *cis*; c'est l'inverse pour les réfractions moléculaires (règle d'Auwers); enfin, c'est le pouvoir rotatoire du *trans* qui est le plus faible, les dispersions rotatoires étant sensiblement identiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'organomagnésien du pentaméthylbenzène.* Note (1) de M. **Henri Clément**, transmise par M. V. Grignard.

J'ai songé à utiliser pour de nouvelles synthèses les organomagnésiens du pentaméthyl- et de l'hexaméthylbenzène. J'ai préparé ces deux hydrocarbures en faisant réagir, en présence de chlorure d'aluminium, le chlorure de méthyle sur le benzène. Je ne m'occuperai dans cette Note que du premier.

Le pentaméthylbenzène se brome facilement, à froid, suivant la technique de Friedel et Crafts (2). Mais, fait inattendu, aucune des méthodes connues n'a permis de passer à son magnésien. Même en substituant à l'éther ordinaire l'éther-oxyde dipropylique, de façon à pouvoir élever la température, le résultat est négatif.

Sur le conseil de M. Grignard, j'ai étudié l'activation continuelle du magnésium en effectuant la réaction avec un mélange de bromure d'éthyle et de bromopentaméthylbenzène.

Après une série d'essais, j'ai reconnu que des quantités équimoléculaires de ces deux corps constituaient le réactif optimum, à raison d'une molécule du mélange par litre d'éther anhydre, et en présence d'un excès de 25 pour 100 de tournure de magnésium. La réaction s'amorce en chauffant pendant deux minutes au bain-marie; elle s'entretient ensuite facilement et, pour la quantité ci-dessus, elle est terminée en une heure et demie environ. L'addition d'iode, suivant le procédé Baeyer, n'offre aucun avantage.

Le magnésien ainsi obtenu est partiellement précipité. J'ai commencé à en étudier quelques applications.

1° La carbonatation donne naissance a un précipité abondant que l'on traite suivant la technique habituelle. Quand on précipite la liqueur d'ex-

---

(1) Séance du 5 février 1934.

(2) *Ann. de Ch. et Ph.*, 6e série, 1, 1884, p. 475.

traction alcaline, on obtient un mélange d'acide propionique soluble et d'acide pentaméthylbenzoïque qui précipite cristallin. Par une nouvelle cristallisation de ce dernier, je l'ai obtenu fondant à 210°,5 et identique à celui que Jacobsen (1) avait péniblement obtenu par action du phosgène sur le pentaméthylbenzène. Le rendement, par rapport à la théorie, a été de 82 pour 100.

*Analyse.* — Trouvé : C = 73,2; H = 8,3. Calculé pour $(CH^3)^5C^6CO^2H$ ; C = 75,0; H = 8,33. Cryoscopie dans l'acide acétique : trouvé = 199; calculé P.M = 192.

Dans cette analyse comme dans les suivantes, nous avons un déficit important sur le carbone. Ceci est dû, sans doute, à ce que le noyau benzénique complètement substitué est extrêmement difficile à brûler complètement.

J'ai préparé, pour achever la caractérisation de mon acide, son sel de calcium (lamelles) et son éther-sel méthylique (prismes).

2° L'aldéhyde benzoïque réagit normalement et conduit au *dis*-pentaméthylbenzhydrol $(CH^3)^5C^6-CH(OH)-C^6H^5$, cristallisé en fines aiguilles fusibles à 107°,5. Le rendement a été de 80 pour 100.

*Analyse.* — Trouvé : C = 82,5; H = 8,6. Calculé pour $(CH^3)^5C^6-CH(OH)-C^6H^5$ : C = 85,03; H = 8,6. Cryoscopie dans le benzène : trouvé 247; calculé 254.

J'ai préparé son éther acétique.

3° Avec l'acétate d'éthyle, nous avons rencontré une anomalie. La réaction, en effet, ne va pas jusqu'à l'alcool tertiaire, mais s'arrête à la première phase. Elle conduit ainsi à la Bz-pentaméthylacétophénone, corps cristallisé en petits bâtonnets fusibles à 241°,7. Le rendement a été seulement de 42 pour 100.

*Analyse.* — Trouvé : C = 81,0; H = 9,3. Calculé pour $(CH^3)^5C^6-COCH^3$ : C = 82,1; H = 9,47. Cryoscopie dans l'acide acétique : trouvé 187; calculé 190.

J'ai complété la caractérisation de ce corps en préparant son oxime, fusible à 190°,6, et sa semicarbazone, fusible à 241°,7. Les analyses de ces deux corps sont en accord avec la théorie.

Bien entendu, dans toutes ces préparations, j'ai dû tenir compte, pour la quantité de réactif à ajouter au magnésien, de la présence, pour moitié,

(1) *Deut. chem. Ges.*, **22**, 1889, p. 1221.

du bromure d'éthylmagnésium. Mais la différence de propriétés entre les produits engendrés par les deux magnésiens est tellement grande qu'il n'y a aucune difficulté à les séparer. Les détails de ces opérations seront d'ailleurs décrits dans un autre recueil.

Je continue l'étude des applications du nouveau magnésien et je me propose d'étudier parallèlement celui du pentaméthylbromure de benzyle.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline de l'oxychlorure de fer.* Note de M. S. **Goldsztaub**, transmise par M. Wallerant.

L'oxychlorure de fer FeOCl est préparé, ainsi que l'a indiqué Rousseau [1], par hydrolyse du chlorure ferrique en tube scellé. En prolongeant l'expérience plusieurs jours, j'ai pu obtenir, par sublimation, des cristaux de 1 à 2$^{mm}$ de large et de 10 à 15$^{mm}$ de long. Ces cristaux sont orthorhombiques très aplatis suivant le clivage très facile $g^1$(010).

J'ai déterminé leurs paramètres par la méthode du cristal tournant, en me servant du rayonnement K du fer :

$$a = 3,75, \qquad b = 7,95, \qquad c = 3,3\,\text{Å}.$$

L'étude des clichés conduit à adopter le groupe de symétrie $V_h^{13}$ mnm.

La maille élémentaire contient deux molécules FeOCl, la densité calculée D = 3,6 est en bon accord avec la densité déterminée par la balance de Westfal, en faisant flotter un cristal dans la liqueur de Clerici de même densité. Il faut donc fixer dans la maille la position de 2 atomes de fer, de 2 atomes de chlore et de 2 atomes d'oxygène.

Dans le cas du groupe de symétrie $V_h^{13}$ mnm il faut placer un atome sur un axe binaire, intersection de deux plans de symétrie, pour qu'il ne lui corresponde qu'un seul homologue; ce qui fait pour chaque espèce d'atomes deux ensembles de positions possibles à savoir :

$$(1) \qquad 0,\ v,\ 0; \quad \frac{1}{2},\ \bar{v},\ \frac{1}{2},$$

$$(2) \qquad 0,\ v,\ \frac{1}{2}; \quad \frac{1}{2},\ \bar{v},\ 0.$$

Dans la structure adoptée, les atomes Cl et O sont placés dans la posi-

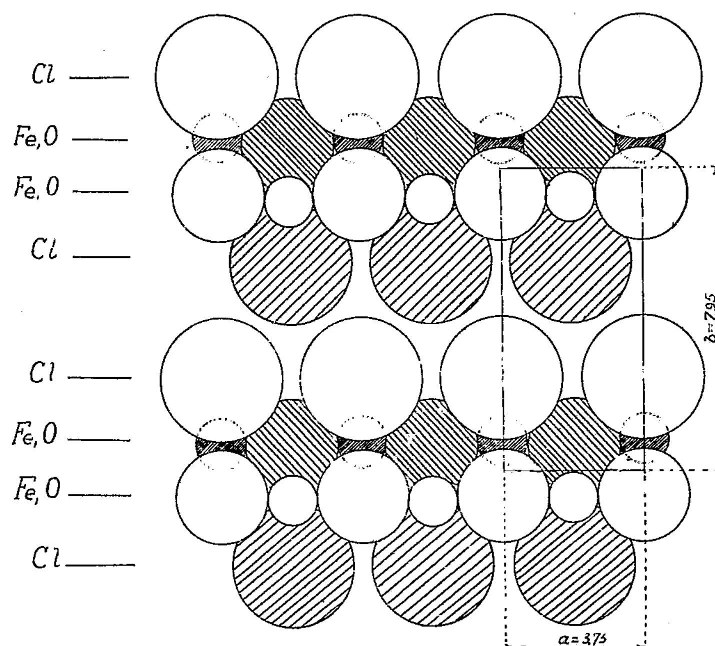
---

[1] *Comptes rendus*, **110**, 1890, p. 1032.

tion (1) avec les valeurs de $v$ respectivement égales à 0,305 et à $-0{,}083$, tandis que les atomes Fe occupent une position (2) avec $v = 0{,}097$.

Les coordonnées des différents atomes sont donc :

$$\text{Fe}\begin{cases} 0, & 0{,}097, & \frac{1}{2}; \\ \frac{1}{2}, & -0{,}097, & 0; \end{cases} \qquad \text{Cl}\begin{cases} 0, & 0{,}305, & 0; \\ \frac{1}{2}, & -0{,}305, & \frac{1}{2}; \end{cases} \qquad \text{O}\begin{cases} 0, & -0{,}083, & 0; \\ \frac{1}{2}, & 0{,}083, & \frac{1}{2}; \end{cases}$$




Cet arrangement des atomes est obtenu en tenant compte :

1° des particularités des diagrammes de rayons X [la tache (020) est nulle, les taches (010), (050), (110), (021), (031) sont très intenses, etc.];

2° des dimensions des atomes, les distances des atomes voisins sont les suivantes : Cl-O, 3,06 et 3,09, Cl-Cl, 3,3 et 3,75, Fe-O, 1,9 et 2,18; Fe-Cl, 2,34 Å. Ces nombres sont peu différents des résultats obtenus à partir des rayons des ions $Fe^{+++}$, $Cl^{-}$ et $O^{--}$ indiqués par Goldschmidt et retrouvés dans d'autres combinaisons analogues à l'oxychlorure de fer.

L'arrangement des atomes adopté conduit à une structure en feuillets empilés les uns sur les autres, parallèlement au clivage parfait $g^1$ (010). Chaque feuillet a une composition FeOCl, il est neutre. Cette particula-

rité, qu'on rencontre aussi dans les chlorites, explique la facilité du clivage, ainsi que le manque remarquable d'élasticité des cristaux d'oxychlorure de fer, qui, une fois courbés, ne reprennent pas leur forme primitive.

MINÉRALOGIE. — *Constitution et origine de la leverriérite.*
Note (1) de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. L. Cayeux.

Pierre Termier a défini la *leverriérite* comme une phyllite à formule de mica, mais beaucoup moins potassique et, partant, plus hydrique que le mica muscovite (2). Cependant les auteurs américains Ross et Kerr, après avoir expérimenté aux rayons X sur le même minéral que celui dont P. Termier fit l'étude, ont certifié l'identité de la leverriérite avec la kaolinite (3).

L'examen récent que j'ai pu faire de minéraux phylliteux appartenant à divers types de roches m'a permis de lever la contradiction qui résultait de ces deux déterminations.

Effectivement, on reconnaît dans des cas propices (formations argileuses liées aux émeris de l'île de Samos) que l'association des deux espèces mica muscovite et kaolinite est extrêmement fréquente. Un même cristal, affectant la forme vermiculée si caractéristique de la kaolinite, associe, dans son édifice, des lamelles de muscovite et des lamelles de kaolinite parfaitement discernables les unes des autres. Il y a, dans le cristal vermiculaire, tantôt d'épaisses lamelles de muscovite, tantôt de minces lamelles de cette espèce. Le plus souvent l'édifice étant essentiellement kaolinique est pauvre en muscovite. On conçoit qu'en des cas tels que ce dernier les résultats de l'analyse chimique semblent mettre en évidence une muscovite riche en eau et pauvre en potasse, tandis que les rayons X, utilisés par le procédé Debye et Scherrer, ne feront apparaître principalement que les raies d'une kaolinite.

La leverriérite devant être ainsi comprise comme une association de muscovite et de kaolinite, j'ai cherché à préciser ses conditions de formation dans les sédiments houillers argileux, tant du bassin de Saint-Étienne

(1) Séance du 5 février 1934.

(2) *Comptes rendus*, 108, 1889, p. 1071; *Ann. des Mines*, 8e série, 17, 1890, p. 372; *Bull. Soc. fr. de Min.*, 22, 1899, p. 27.

(3) *U. S. Geol. Surv.*, P., no 165 E, 1931.

que du bassin de la Sarre, où elle est abondante et typique. Des observations faites, il y a lieu de conclure qu'elle a principalement deux manières d'être qui témoignent d'une double origine.

A. Une première manière la montre en association avec une *phyllite détritique* partiellement décomposée qui fut primitivement un mica noir. Le mica a *foisonné;* ses feuillets se sont écartés plus ou moins les uns des autres, et, dans leurs intervalles, la kaolinite a cristallisé. La décomposition du mica primitif le convertissant en muscovite lui a fait perdre en particulier son fer et son titane. Ce dernier se retrouve, collé aux feuillets, sous forme de cristaux largement développés qui sont, les uns, de la brookite en lamelles, les autres, de l'anatase en octaèdres aplatis suivant l'une de leurs faces ou en cristaux très minces, à contours carrés, développant la base (001) comme les anatases du Brésil. L'aspect des produits élaborés est constamment le même, qu'il s'agisse des roches de Saint-Étienne ou des roches de la Sarre. D'autre part, le fer éliminé reste, en certains échantillons, collé au cristal de mica sous forme de stalactites constituées par les cristaux d'un oxyde de fer hydrique assimilable à la goethite; fait qui montre que les décompositions se sont opérées dans le milieu liquide où étaient suspendues les lamelles de la phyllite avant leur sédimentation.

B. Une seconde manière montre la vermiculure essentiellement kaolinique, à laquelle est associé le mica blanc le plus souvent en faible proportion. Le cristal complexe réalisé est tout entier de néoformation. Il est à noter que ceux des échantillons examinés qui sont le plus grossièrement détritiques présentent parfois comme phyllite un mica chargé de rutile. Les roches de cette sorte sont des grès micacés calcarifères qui n'admettent l'argile que comme élément de fond et qui ne contiennent pas la leverriérite typique. On interprète leur mica à rutile comme un minéral apporté tel quel, dont l'origine est bien une biotite, mais dont le mode de décomposition fut celui qui est habituel à la zone de cémentation. Au contraire, on considère que la phyllite à anatase et brookite dont il vient d'être parlé fut d'abord suspendue sous forme de mica noir dans le milieu (humique) où elle devait se sédimenter et que c'est là que s'accomplit sa décomposition spéciale, son foisonnement, et la perte de son fer.

La constitution de l'édifice de la leverriérite pose d'autre part un problème minéralogique :

Bien qu'on n'en puisse donner de démonstration rigoureuse, il y a lieu de supposer que la muscovite et la kaolinite sont régulièrement orientées

l'une sur l'autre. Les déterminations optiques qu'on peut faire le laissent au moins prévoir. S'il en est ainsi, on remarquera que le contact épitaxique [1] d'un feuillet de kaolinite et d'un feuillet de muscovite, par la saturation qu'il provoque des forces électrostatiques inhérentes à la muscovite, détruit la neutralité électrique des feuillets de kaolinite [2]. La partie kaolinique de la leverriérite ne se comporte donc pas comme un édifice simple de kaolinite : on peut prévoir une cohérence plus grande de ses éléments. On se demande si le fait est suffisant pour justifier la création d'une espèce minérale distincte ou s'il faut se contenter de considérer la leverriérite comme un édifice épitaxique?

GÉOLOGIE. — *Les formations éruptives du Turkana (Afrique Orientale).* Note de M. C. **Arambourg**.

La plaine du Turkana qui borde à l'Ouest le Lac Rodolphe sur une longueur de deux cents kilomètres est entrecoupée par une série de chaînons montagneux ne dépassant pas 1800$^{m}$ d'altitude et qui sont essentiellement constitués de roches volcaniques. Les principaux d'entre eux sont, du Sud au Nord, à partir du cours ensablé de la rivière Turkwell qui atteint le Rodolphe vers sa partie moyenne : le massif de Lodwar et la chaîne du Losodok, le massif du Muruanachok, la chaîne des monts Murueris et celle du Lubur, la chaîne du Lokwanamur et du Kaiserin, le massif du Lorienatom et l'Angmanang. Ces trois derniers appartenant au territoire du Soudan anglo-égyptien.

Partout où le substratum de ces bourrelets montagneux n'est pas masqué par des alluvions récentes ou des dunes, on le voit constitué par la série détritique de poudingues, grès et arkoses que j'ai nommé *Série du Lubur*, sur laquelle reposent les matériaux volcaniques.

Bien qu'isolés les uns des autres et ne se raccordant que par quelques points, il est manifeste que ces chaînons ne sont que les lambeaux d'une ancienne et vaste nappe éruptive actuellement démantelée, mais comparable à la couverture du Massif abyssin ou des plateaux du Kénya.

La structure de ces formations est, en effet, remarquablement uniforme; sur des épaisseurs qui, dans les monts Lubur, Murueris ou Lorienatom

(1) Louis Royer, *Bull. Soc. fr. de Min.*, 51, 1928, p. 7.
(2) L. Pauling, *Proc. of the Nat. Ac. of Sc.*, 16, ix, 1930, p. 578.

peuvent atteindre un millier de mètres, les matériaux où dominent les coulées, tandis que les produits de projection y sont rares, s'entassent en séries régulières et parallèles sur des distances considérables. L'aspect est nettement stratoïde et la localisation des centres d'émission de ces coulées demeure, sauf quelques rares exceptions, généralement incertaine. L'ensemble est, de plus, uniformément relevé vers le Nord-Est ou l'Est-Nord-Est, avec des pendages de 15 à 20 degrés; des failles perpendiculaires à ces directions compartimentent le tout et sont à l'origine du tronçonnement de la masse primitive en chaînons sensiblement parallèles et à peu près uniformément orientés. Il en résulte topographiquement que les pentes montagneuses sont abruptes vers l'Est, plus douces dans la direction opposée.

Il est possible de distinguer dans cet ensemble trois phases éruptives successives et différentes par la nature des magmas épanchés [1]. La première a donné lieu essentiellement à des coulées basiques : basaltes de faciès divers que l'on rencontre dès la base de la série éruptive du Losodok, du massif de Lodwar, des Murueris et du Lubur; leurs coulées se prolongent au Nord jusqu'à la base de l'Angmanang et du Lorienatom. Elles sont parfois accompagnées, dans le massif de Lodwar et dans les monts Lubur notamment, de basanites ou de basanitoïdes.

La deuxième série, moins étendue en surface, est formée de roches phonolitiques généralement hyperalcalines. Elles se rencontrent, stratigraphiquement superposées aux basaltes, dans le Losodok, à Lodwar et sur le revers ouest des Murueris. Dans le petit massif isolé du Muruanachok qui paraît être un centre éruptif autonome, mais dont il ne subsiste que le culot avec son cortège de dykes et quelques lambeaux de coulées, les phonolites reposent directement sur le soubassement détritique de la série du Lubur.

Les roches de ces deux premières séries sont généralement profondément altérées; leurs cavités et leurs fissures sont remplies de calcédoine et de quartz; celles des basaltes renferment en outre de la calcite en cristaux parfois énormes et des zéolites (stilbite, heulandite et analcime) largement cristallisées en géodes de dimensions considérables.

La troisième phase, comparable par son importance en surface et en

[1] Il ne sera point question dans cette Note de quelques pointements disséminés et très peu étendus de roches appartenant à une phase éruptive qui paraît beaucoup plus ancienne et caractérisée par des magmas mésocrates à déficit de silice.

épaisseur à la phase basaltique, est essentiellement rhyolitique et hyperalcaline. Ses éléments se superposent aux précédents sur le revers ouest des Murueris, au Muruanachok et au Lorienatom. Ils constituent la masse principale de ce dernier massif ainsi que celle du Kaiserin et du Lokwanamur; vers le Sud et dans le prolongement de ces massifs, des coulées de même nature forment le couronnement de la chaîne du Moruanyssigar, à la frontière de l'Uganda.

Cette succession magmatique est en tout comparable à celle que Gregory a distinguée au Kénya sous le nom de série de Laikipia et qui comprend : un groupe inférieur basique (basaltes et basanites), un groupe moyen (phonolites-trachytes), un groupe supérieur (rhyolites). Elle l'est aussi chronologiquement car la découverte d'un gisement de Mammifères burdigaliens (1) dans les tufs et conglomérats interstratifiés à la base des basaltes du Losodok permet d'établir le parallélisme de ce niveau avec le groupe inférieur de Laikipia dont l'âge Miocène inférieur est connu. D'autre part, les grands effondrements qui ont donné naissance au fossé du lac Rodolphe sont postérieurs aux éruptions rhyolitiques du Turkana, de même que les grands effondrements du Rift Valley attribués au début du Pliocène sont postérieurs au dernier terme de la série de Laikipia.

Il paraît donc possible d'admettre le synchronisme de ces deux accidents et celui des séries éruptives de Laikipia et du Turkana, ainsi que l'âge miocène de ces dernières.

LITHOLOGIE. — *Roches volcaniques de la bordure occidentale du lac Rodolphe.* Note de Mme **E. Jérémine**.

M. Arambourg a rapporté de son expédition dans la plaine de Turkana, qui borde à l'Ouest le lac Rodolphe, une collection importante de roches volcaniques. On peut y distinguer du Nord au Sud les massifs suivants : Kaiserin, Loriénatom, Monts Lubur, Murueris, Muruanochock, Lodwar, Losodock.

Aucun indice ne laisse reconnaître sur le terrain que ces massifs sont des centres distincts d'épanchement, mais l'étude microscopique et chimique établit une localisation assez nette de types des roches ayant les caractères communs.

(1) C. Arambourg, *C. R. somm. Soc. géol. de France*, 20 novembre 1933, p. 221.

Ces roches appartiennent aux familles suivantes : rhyolites et microgranites, phonolites et microsyénites néphéliniques, roches à facies basaltique. Elles forment des coulées, traversées assez souvent par des dykes. Les rhyolites, les microgranites, les phonolites et les microsyénites sont hypealcalins, c'est-à-dire contiennent de l'ægyrine et des amphiboles sodiques.

Les rhyolites cristallines, pauvres en barylites, sont des *comendites*, les verres volcaniques de la même famille sont parfois (analyse 1) assez riches en barylites, ce sont donc des *pantellérites* (massif de Kaiserin).

Les *phonolites* (développées particulièrement dans le massif de Muruanochock) sont représentées soit par les types porphyriques avec phénocristaux de sanidine et petits phénocristaux de néphéline, moulés par l'ægyrine (type fréquent dans la Colonie de Kenya et aux îles Canaries), accompagnée ou non par les amphiboles sodiques, soit par les types aphyriques fluidaux, riches en ægyrine (analyse 2). Parmi les *microsyénites* néphélinifères, passant aux trachytes, une variété cristalline à feldspaths aplatis suivant la face $g^1$, est fréquente; ce sont des *sölvsbergites* microlitiques. Un échantillon de *tinguaïte* a été recueilli au pied du massif de Muruanochock.

Les roches à facies basaltique, souvent riches en analcime (Lokitaung), présentent, comme le montrent les analyses 3, 4, 5, 6, un léger déficit en silice. Les variétés porphyriques à grands cristaux d'augite et d'olivine, en général riches en barylites, sont des *ankaramites* et des *ankaramites-océanites* (monts Lubur, Murueris, Lodwar, analyse 3). Elles sont accompagnées de basaltes aphyriques ou doléritiques. Certaines coulées (entre Lorienotom et Murueris) sont constituées par des laves, remarquables par de grands et nombreux phénocristaux de plagioclase (analyse 4). L'une d'elles renferme des cristaux de plagioclase atteignant 5 à $6^{cm}$ de longueur; ils sont aplatis suivant la face $g^1$. La pâte est transformée en produits ferrugineux hydratés et imprégnée de quartz secondaire qui ont un retentissement sur les paramètres (analyse 7); cette roche était originellement une andésite.

Les massifs de Lodwar et de Losodok sont le plus différenciés. Le poste est bâti sur une lave, à facies d'ordanchite, qui émerge entre deux coulées de basalte aphyrique, riche en microlites d'augite et en lames de biotite. L'analyse 5 montre que c'est en réalité un *basalte basanitoïde*. A Losodok, on trouve des basaltes, riches en petits phénocristaux de plagioclase, d'olivine et d'augite, qui rappelle des laves du volcan Gravenoire en

Auvergne. A Lodwar, comme au Losodok les phonolites sont superposées aux basaltes.

Des roches grenues ont été rencontrées seulement sous forme de dykes ou en blocs roulant. Une *essexite* du massif des monts Lubur ressemble à la berondrite, par ses longs prismes de hornblende barkévicitique, mais son plagioclase est cerclé d'orthose. Parmi les blocs il faut signaler une *shonkinite*, composée de cristaux automorphes de néphéline, associée à l'orthose; elle est riche en ægyrine et en arfvedsonite. L'altération a modifié sa composition chimique (analyse 8), qui est une *syénite néphélinique*, exceptionnellement pauvre en silice et en alumine.

Les pores, les fissures et les cavités des phonolites et des basaltes sont souvent remplis par de la calcédoine, de la calcite et des zéolites diverses : analcime, stilbite, heulandite, mésotype, qui imprègnent parfois toute la roche.

Voici les analyses de ces roches, faites par M. Raoult :

1. *Pechstein de pantellérite;* II.3.1.'2; Kaiserin, bloc. — 2. *Phonolite* pauvre en néphéline; II.5'.1.'4; Muruanochock. — 3. *Ankaramite-océanite;* IV'.5.3.4 [(1)2.3.(1)2.'2]; Lodwar. — 4. *Basalte* (β) *labradorique;* III.5.4.4 [2.2.2'.3']; Région de Kakalai. — 5. *Basalte basanitoïde;* III.5'.3.4; Lodwar. — 6. *Basanitoïde;* (II) III.(5)6.3.4; Lokitaung (monts Lubur). — 7. *Méta-andésite;* II.4.3.4; région de Kakalai. — 8. *Syénite néphélinique* (shonkinite altérée); II.6.1'.4; Lodwar, bloc.

| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 69,78 | 60,16 | 43,26 | 44,22 | 42,94 | 45,26 | 54,00 | 46,54 |
| $Al^2O^3$ | 6,68 | 15,46 | 4,55 | 15,95 | 11,49 | 16,29 | 15,62 | 16,43 |
| $Fe^2O^3$ | 5,63 | 5,78 | 5,34 | 4,04 | 7,22 | 3,40 | 10,35 | 6,29 |
| FeO | 2,68 | 2,08 | 9,44 | 9,92 | 7,93 | 9,45 | 1,58 | 4,96 |
| MnO | 0,19 | 0,22 | 0,19 | 0,12 | 0,12 | 0,17 | 0,17 | 0,14 |
| MgO | 0,04 | 0,07 | 23,58 | 4,21 | 6,58 | 3,63 | 0,73 | 1,11 |
| CaO | 0,68 | 1,06 | 8,18 | 12,60 | 11,36 | 10,30 | 7,76 | 6,88 |
| $Na^2O$ | 2,42 | 8,34 | 0,85 | 2,28 | 2,83 | 4,07 | 3,71 | 6,77 |
| $K^2O$ | 5,07 | 4,68 | 0,63 | 0,80 | 1,32 | 1,72 | 1,24 | 3,81 |
| $TiO^2$ | 0,56 | 0,22 | 2,18 | 3,62 | 4,78 | 3,50 | 2,46 | 2,66 |
| $P^2O^5$ | 0 | traces | 0,17 | 0,39 | 0,57 | 0,58 | 0,36 | 0,39 |
| $H^2O$ (+) | 5,43 | 1,37 | 1,75 | 1,86 | 2,24 | 1,48 | 1,91 | 3,54 |
| $H^2O$ (—) | 1,09 | 0,33 | 0,43 | 0,36 | 0,55 | 0,32 | 0,52 | 0,35 |
| Cl | – | 0,08 | – | – | 0,05 | 0,09 | – | 0,04 |
| $SO^3$ | – | 0,07 | – | – | traces | 0,11 | – | – |
| | 100,25 | 99,92 | 100,55 | 100,37 | 99,98 | 100,37 | 100,41 | 99,91 |

AGRONOMIE. — *L'état du sol arable et le rendement d'un tracteur agricole.* Note de M. **Tony Ballu**, présentée par M. P. Viala.

L'effort maximum que peut fournir, dans les champs, un tracteur à son crochet d'attelage est subordonné à ses capacités d'adhérence et à sa résistance minimum à l'avancement. Cet effort maximum peut être enregistré par un dynamomètre, mais l'absence de méthodes et de procédés permettant d'établir, au moment de l'essai, la valeur des réactions du sol (essentiellement variables, suivant son état) empêche de préciser les parts respectives d'adhérence et de résistance à l'avancement imputables aux organes de propulsion et de sustentation du tracteur, d'une part, et à la terre, d'autre part. Je vais décrire une méthode expérimentale tendant à déterminer la spécification physicomécanique d'un état de sol à un moment donné.

L'étude de la Mécanique du sol nous apprend que les principales caractéristiques d'un sol influant sur l'adhérence et la résistance à l'avancement d'un tracteur sont :

*a. la résistance au frottement superficiel* (adhérence en surface);

*b. la consistance* (adhérence en profondeur);

*c. l'adhésion* (« collage ») de la terre aux jantes (nuisible à l'avancement);

*d. la compressibilité* (favorable à l'adhérence mais nuisible au roulement).

Dans notre méthode, les valeurs d'*adhérence en surface* et en *profondeur* des sols sont décelées par l'*adhéromètre* I, intrument de mesure consistant en principe en une paire de roues-étalons avec lesquelles on enregistre au dynanomètre-pour une charge donnée-d'une part, la résistance du sol envisagé au *glissement superficiel* de la partie lisse des jantes, d'autre part, la résistance au déchirement de ce sol (ou adhérence interne) sous l'action d'un organe d'adhérence étalon (constitué par une bêche de $1^{dm^2}$ de section fixée orthogonalement sur une génératrice de la jante).

L'adhéromètre I a été préablement taré sur du sable grossier ameubli (sol ayant le minimum de consistance).

En dehors de la détermination de la valeur d'adhérence en surface et en profondeur d'une terre, cet *adhéromètre* nous sert encore à déterminer l'*état de roulement* de cette terre : il suffit de mesurer au dynanomètre l'effort horizontal à exercer pour vaincre la résistance au roulement de la machine dans la terre donnée. L'adhéromètre a été préalablement étalonné dans ce but sur une aire plane en ciment.

Enfin nous profitons des différents résultats recueillis suivant les états de sol pour approfondir l'étude des lois de frottement des corps durs (roues à jantes rigides) et des corps élastiques (roues à pneus) sur la terre arable.

Un second instrument de mesure, l'*adhésomètre*, nous sert à déterminer la *compressibilité* et l'*adhésion* des sols.

Cet instrument consiste en principe en une plaque métallique horizontale de $1^{dm^2}$

dont on enregistre, sous différentes charges, les courbes d'enfoncement en fonction du temps : l'ordonnée maximum nous donne la valeur totale de la *compressibilité* du sol étudié, au bout du temps *t*, et l'allure de la courbe nous renseigne sur la sensibilité à la compression des différentes couches. Enfin l'étude de la *vitesse de compression* d'un sol (sous une charge spécifique de l'ordre de grandeur de celle fournie par les roues de tracteurs) est d'un enseignement précieux pour la technique culturale, en vue de l'étude des dégâts éventuellement causés aux sols humides par les roues de tracteurs (ainsi que de l'efficacité du travail des rouleaux en terrain sec).

L'unité employée est le millimètre (d'enfoncement) par kilogramme-centimètre carré seconde.

L'*adhésion* du sol étudié se mesure par l'effort vertical nécessaire pour décoller la précédente plaque de compression préalablement mise en contact avec lui, sous une charge connue et pendant un temps déterminé.

Nous profitons des résultats obtenus pour chercher à dégager les lois d'adhésion entre les différents corps (durs et élastiques) et la terre arable, ainsi que la valeur des coefficients d'adhésion suivant le profil des jantes.

Les caractéristiques concernant l'état physico-mécanique d'un sol arable à un moment donné, étant ainsi déterminées au moyen des instruments de mesure précédents, il est dès lors possible de déduire des essais dynamométriques ordinaires les capacités propres d'adhérence et de circulation d'un tracteur donné dans le sol envisagé.

Toutefois, pour étudier plus particulièrement la valeur d'adhérence des nombreux types de roues motrices actuellement proposées (jantes ajourées, organes à adhérence progressive, pneumatiques etc.), nous avons construit un troisième appareil, l'*adhéromètre II*, basé sur le même principe que l'adhéromètre I, mais avec cette différence qu'au lieu de posséder des roues étalons d'actions connues, destinées à mesurer les réactions inconnues d'un sol, nous essayons une roue d'action inconnue dans un sol dont les spécifications viennent d'être déterminées par les deux appareils précédents.

CYTOLOGIE. — *Sur la structure de l'épithélium hépatique des Éolidiens.* Note de M. **Charles Rousseau**, présentée par M. L. Joubin.

Hecht ([1]) a reconnu dans les parois des cæcums hépatiques de *Spurilla* (*Æolidiella*) *glauca* Ald. et Hanc. et d'*Æolidia papillosa* L. trois types principaux de cellules :

([1]) E. Hecht, *Mém. Soc. biol. Fr.*, 8, 1896, p. 671.

1° cellules vacuolaires excrétrices (*Fermentzellen, Keulenzellen*) caractérisées par leurs grandes dimensions et leurs grandes vacuoles contenant chacune une granulation; les vacuoles se colorent à la suite d'injections physiologiques;

2° cellules excrétrices à grosses sphères brunes (*Leberzellen, Körnerzellen*) caractérisées par un petit nombre de grosses sphères brunes, renfermant des cristaux et des granulations irrégulières;

3° cellules à ferments caractérisées par la présence de petites vésicules sans granulations et leur coloration en gris par les réactifs osmiques.

L'auteur y joint encore:

4° cellules indifférentes qui pourraient évoluer dans un sens ou dans l'autre.

J'ai montré (¹) que les grosses sphères brunes, signalées par Hecht, étaient des Zooxanthelles provenant des proies cœlentériennes ingérées par les Éolidiens. Les cellules à xanthelles ne sont pas excrétrices. Avec les techniques mitochondriales, j'ai pu me rendre compte que, chez *S. glauca* et *S. croisicensis* Labbé, la structure des *cellules à ferments* et celle des cellules à xanthelles étaient fondamentalement la même. Le cytoplasme infra et périnucléaire est occupé par le chondriome tandis qu'à l'apex se trouvent les grains de sécrétion. Cette constitution qui caractérise les cellules sécrétrices est plus ou moins altérée par la présence des algues symbiotiques. Dans les éléments contenant quatre ou cinq xanthelles le chondriome et les grains de sécrétion sont peu ou pas visibles.

Les cellules à ferments ont une constitution et une physiologie complexes. Je me bornerai pour le moment à signaler que, non seulement ces cellules sécrètent des diastases, mais qu'elles ont aussi une fonction absorbante et qu'elles sont capables de phagocyter de fines particules solides mélangées aux aliments donnés aux Éolidiens.

Hecht ne donne aucun renseignement sur la nature des granulations contenues dans les vacuoles des « cellules vacuolaires excrétrices ». Avec la technique de Dietrich-Parat pour la détection des lipoïdes, j'ai constaté que les granulations se colorent électivement en bleu noir. Elles sont donc de nature lipoïdique. Elles sont aussi bien conservées par la plupart des fixateurs acides, en particulier par le Zenker. Après ce fixateur, elles se colorent électivement en bleu par le Giemsa.

---

(¹) Ch. Rousseau, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 954.

Enfin, j'ai trouvé chez *S. glauca* et *S. croisicensis* une catégorie d'éléments excréteurs non signalée par Hecht. Ce sont des cellules pouvant atteindre de grandes dimensions, 25 à 30$^{\mu}$, à protoplasme granuleux, et dont l'apex est occupé par une grande vacuole, rarement plusieurs, contenant une énorme concrétion ayant l'aspect d'un sphéro-cristal. Les concrétions ont un diamètre qui varie de quelques $\mu$ à 13$^{\mu}$. Elles sont réfringentes en lumière naturelle, biréfringentes en lumière polarisée. Dans les tissus vivants, elles sont verdâtres. Elles ne sont conservées que par quelques fixateurs, l'alcool, le Carnoy, le sublimé acétique. Sur les coupes, elles sont jaunâtres. Elles présentent une double striation, une striation radiaire et une striation concentrique. Cette dernière rend vraisemblable l'accroissement des concrétions par apposition.

Ces concrétions sont formées, en grande partie tout au moins, par de la xanthine : j'ai caractérisé cette substance microchimiquement sur les coupes avec un matériel fixé par les fixateurs cités plus haut. Elle est insoluble dans l'alcool, le chloroforme, l'éther, les acides lactique, acétique, citrique, soluble dans les alcalis, dans l'eau ammoniacale, dans l'hydrate de pipérazine et dans l'eau tiède.

Cette substance est aussi soluble dans l'acide picrique, l'alun de fer et dans l'eau anilinée.

En employant la méthode trichromique de Masson sur les tissus fixés au sublimé acétique, on constate que la xanthine a disparu : elle a été dissoute au moment du passage des coupes dans l'alun de fer, mais il reste dans la vacuole une autre substance organique se colorant en bleu et présentant des couches concentriques alternativement claires et sombres : le centre est toujours foncé. On obtient les mêmes résultats en colorant avec la safranine anilinée.

Les concrétions de xanthine sont des produits d'excrétion. Elles sont expulsées dans la lumière des cæcums hépatiques, on les trouve dans l'intestin et elles sont rejetées au dehors avec les excreta.

De cette étude, il résulte donc que chez *S. glauca* et *S. croisicensis*, le tissu hépatique est formé de trois types de cellules :

1° cellules vacuolaires excrétrices formées de vacuoles renfermant chacune une granulation lipoïdique;

2° cellules excrétrices ou xanthinophores renfermant des concrétions de xanthine;

3° cellules à ferments sécrétant des diastases et ayant aussi une fonction absorbante et phagocytaire.

BIOLOGIE. — *Influence des variations de salinité sur l'intensité respiratoire de la Telphuse et de l'Écrevisse.* Note de M[lle] **Anne Raffy**, présentée par M. L. Joubin.

La Telphuse (*Telphusa fluviatilis* Latr.) et l'Écrevisse, Arthropodes vivant naturellement dans l'eau douce, ont un comportement fort différent vis-à-vis des variations de salinité : tandis que l'Écrevisse est nettement sténohaline, la Telphuse présente une totale euryhalinité. Les modifications physiologiques, accompagnant leur passage de l'eau douce à des eaux de plus en plus salées, sont donc certainement différentes. Nous avons voulu apprécier les réactions respiratoires.

A cet effet, nous avons mesuré les consommations d'oxygène dissous d'individus appartenant à ces deux espèces placés d'abord dans l'eau douce, puis dans des mélanges d'eau de mer et d'eau douce, enfin dans l'eau de mer. La Telphuse a parfaitement supporté les changements de milieu et a pu être ramenée à l'eau douce. L'Écrevisse, au contraire, n'a pas survécu 24 heures à l'immersion dans l'eau de mer pure. Dès l'eau de mer aux trois quarts, elle a présenté des troubles.

D'après le tableau ci-après, présentant les résultats obtenus dans deux séries de nos expériences, nous constatons qu'au point de vue respiratoire, les deux espèces réagissent différemment.

La Telphuse, organisme adapté, abaisse progressivement sa consommation d'oxygène au fur et à mesure qu'elle est dans un milieu plus concentré, dont elle subit l'action déshydratante, mais n'étant pas profondément atteinte, elle relève ses oxydations aussitôt qu'elle fait retour à l'eau douce où bientôt elle a rattrapé son taux respiratoire initial.

L'Écrevisse, au contraire, conserve son intensité primitive (à quelques oscillations près, ayant lieu lors des premières heures de passage d'un milieu à l'autre) et la diminue dans l'eau de mer aux trois quarts pour l'abaisser encore dans l'eau de mer pure, peu avant sa mort.

Nous rapprocherons ces résultats de ceux que nous ont fournis des études antérieures sur des Poissons.

Tout d'abord, de jeunes Anguilles, au stade Civelle organismes parfaitement euryhalins, ont respiré plus activement dans l'eau douce que dans l'eau de mer, et la cause de cet accroissement des oxydations a été trouvée dans l'hydratation des tissus ([1]).

([1]) Voir Raffy et Fontaine, *C. R. Soc. Biol.* 104, 1930, p. 466; Fontaine et Raffy, *C. R. Soc. Biol.*, 110, 1932, p. 538.

D'autre part, des Téléostéens sténohalins soumis à des variations de salinité ont conservé presque jusqu'à la fin des consommations d'oxygène sensiblement constantes ou diminuées seulement au moment de la mort [1].

Cet ensemble de données nous incline à penser qu'il n'est pas possible d'établir une règle générale d'après laquelle le sens des variations de l'intensité respiratoire en fonction de la salinité serait le même pour toutes les espèces. Tandis que certains euryhalins abaissent leurs oxydations dans les milieux concentrés, les sténohalins maintiennent leur taux respiratoire dans le milieu inhabituel, et cela presque jusqu'à la mort.

*Variations de la consommation d'oxygène en fonction de la salinité.*

| Milieux successifs. | Teneurs en NaCl gr. pour 1000. | Oxygène consommé en centimètre cube par g-heure. | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Telphuse. | | Écrevisse. |
| Eau douce pure | traces | 49 g | | 38 g | |
| 1re journée, moyennes | – | – | 0,046 | – | 0,049 |
| Eau douce 3/4 + eau de mer 1/4. | 7,884 | » | – | » | – |
| 1re heure | – | – | 0,039 | – | 0,039 |
| 2e journée, moyennes | – | – | 0,034 | – | 0,050 |
| Eau douce 1/2 + eau de mer 1/2. | 12,848 | » | – | » | – |
| 1re heure | – | – | 0,037 | – | 00034 |
| 3e journée, moyennes | – | – | 0,027 | – | 0,048 |
| Eau douce 1/4 + eau de mer 3/4. | 23,214 | » | – | » | – |
| 1re heure | – | – | 0,030 | – | 0,024 |
| 4e journée, moyennes | – | – | 0,028 | 37 | 0,032 |
| 5e journée, moyennes | – | – | 0,027 | – | 0,025 |
| Eau de mer pure | 28,61 | » | – | – | – |
| 1re heure | – | – | 0,020 | – | 0,020 |
| 6e journée, moyennes | – | – | 0,030 | – | mort |
| 7e journée, moyennes | – | – | 0,028 | – | – |
| 8e journée, moyennes | – | – | 0,020 | – | – |
| 9e journée, moyennes | – | – | 0,024 | – | – |
| Eau douce | traces | » | – | – | – |
| 1re heure | – | – | 0,035 | – | – |
| Moy. des heures suivantes | – | – | 0,031 | – | – |
| 10e journée, moyennes | – | – | 0,034 | – | – |
| 12e journée, moyennes | – | – | 0,048 | – | – |

(1) Voir RAFFY, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1522, et *Bull. Inst. Océanog.*, n° 602, 1932.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Propriétés biologiques du virus syphilitique contenu dans les syphilomes résiduels des animaux prémunis.* Note de MM. C. **Levaditi**, A. **Vaisman** et M[lle] R. **Schœn**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait qu'au cours de l'évolution de la syphilis expérimentale du lapin, une nouvelle inoculation de virus syphilitique de passage, pratiquée au delà du 70[e] jour, reste sans effet. Cet état de prémunition se traduit, cliniquement, par la non-éclosion du syphilome scrotal, et, histologiquement, par la destruction progressive et totale du *Treponema pallidum*, lequel ne réussit pas à envahir les tissus environnants, comme il advient lorsque la même inoculation est pratiquée à des sujets normaux [Strempel et Armuzzi (1), Levaditi, Vaisman et Schœn (2)]. Or, il advient fréquemment que, malgré cet état de prémunition, certains animaux offrent des syphilomes scrotaux résiduels persistant plus de *deux cents jours* après l'infection et très riches en spirochètes. La présence de tels syphilomes n'influe guère sur l'immunité cutanée acquise, attendu que toute réinoculation scrotale, effectuée avec du virus spécifique de passage, reste inopérante.

Nous nous sommes demandé si, du fait de sa vie prolongée dans un organisme, par ailleurs, prémuni, le virus syphilitique, contenu dans les chancres résiduels, ne subissait pas des modifications de ses propriétés biologiques, et, en particulier, de sa virulence. Le *Treponema pallidum* ne devient-il pas, en l'occurrence, résistant aux moyens défensifs (humoraux ou cellulaires) qui assurent la prémunition cutanée?

Afin de résoudre ce problème, nous avons inoculé (par greffe) des fragments de syphilomes résiduels datant de 181 à 202 jours, d'une part, sous le scrotum de lapins neufs, et, d'autre part, à des lapins prémunis dont la syphilis datait de 150 à 202 jours. Ci-après le protocole d'une de nos expériences :

*Expérience.* — Syphilome résiduel souche 425 U, excisé 202 jours après l'inoculation. Aspect histologique habituel, très nombreux tréponèmes. Inoculation *aux lapins neufs* 104 X, 105 X, 106 X; apparition de chancres scrotaux riches en spirochètes le 48[e] jour. Inoculation simultanée aux *lapins prémunis* 108 U et 113 U, infectés depuis 189 jours. Résorption complète du greffon. Cette expérience montre

(1) *Dermatologische Zeitschrift*, 50, 1927, p. 423.

(2) *Comptes rendus Soc. de Biol.*, 114, 1933, p. 504.

que le virus spécifique, contenu dans le chancre résiduel d'un lapin prémuni, s'est comporté, du point de vue de sa virulence, tout comme le virus de passage.

CONCLUSIONS. — *Il résulte de l'ensemble de nos essais que le* Treponema pallidum *ayant vécu plus de 200 jours dans un organisme, par ailleurs, prémuni, ne subit aucune modification de ses propriétés biologiques, et en particulier de sa virulence. Il ne paraît pas avoir acquis la faculté de résister aux moyens défensifs (cellulaires ou humoraux) dont dispose l'organisme en état de prémunition. L'agent pathogène de la syphilis paraît donc se comporter différemment des trypanosomes et des spirochètes de la fièvre récurrente* (Sp. obermeieri), *lesquels, d'après les recherches de Franke* [1], *de Mesnil et Brimont* [2] *et de Levaditi et Roché* [3], *sont susceptibles de devenir parfaitement anticorps-résistants lors des récidives constatées au cours de l'évolution des trypanosomiases ou des processus récurrentiels.*

THÉRAPEUTIQUE. — *Association du radical cinnamique et du cuivre dans le traitement de la lèpre.* Note de MM. **Feron** et **André Lancien**, présentée par M. Charles Richet.

A. Lancien et Simionesco [4] ont trouvé que le complexe cin-éthylformine en solution aqueuse stimulait les organes hématopoïétiques, les anticorps et la sécrétion des glandes endocrines.

Partant de cette étude, vérifiée par de nombreux observateurs, l'un de nous (A. Lancien) s'est demandé si le complexe cin-éthylformine en association avec l'ion cuivre, catalyseur défavorable au développement des levures, n'agirait pas sur les accidents lèpreux.

A cet effet, Lancien a fait disperser du cuivre très pur par sa méthode (étincelles oscillantes amorties de haute fréquence [5] dans une solution aqueuse du complexe cin-éthylformine. Il a obtenu un liquide colloïdal formé presque exclusivement (80 pour 100) de grains amicroniques (teneur en cuivre métal 20 $\gamma$ par centimètre cube) d'une stabilité parfaite, et injectable sans choc.

Quatre mille injections intraveineuses furent faites à la lèproserie

---

(1) *Inaug. Dissert. Giessen,* 1905, Gustav Fischer, Iéna.
(2) *C. R. Soc. de Biol.*, 64, 1908, p. 673.
(3) *C. R. Soc. de Biol.*, **62**, 1907, p. 619 et 815.
(4) *Comptes rendus,* **179**, 1924, p. 425.
(5) *Comptes rendus,* **153**, 1911, p. 1088.

Saint-Antoine à Harrar, région de l'Éthiopie où les pluies abondantes favorisent la lèpre, et où cette dernière est d'une fréquence et d'une gravité exceptionnelles. La méthode qui est d'une innocuité absolue a donné les résultats suivants :

1° *Action indirecte sur la lèpre par le relèvement de l'état général.* — La transformation et la régénération des fonctions de l'organisme lépreux ne se font pas attendre, les forces et l'appétit reviennent, le lépreux reprend goût au travail et à la vie;

2° *Action directe sur la lèpre par disparition des troubles de la sensibilité.* — Ces injections ont une action incontestable sur les troubles épidermiques, puisqu'elles améliorent les troubles trophiques (ichtyose, aspect squameux et furfuracé de tout épiderme dont la vitalité est comprise) et qu'après quelques semaines de traitement, on constate le retour presque complet à la sensibilité normale;

3° *Action spéciale sur la lèpre maculaire.* — Les macules anesthésiques disparaissent bientôt, même celles qui n'avaient pas cédé au chaulmoogra;

4° *Action élective sur les œdèmes lépreux.* — Les traits du visage se dégagent de la gangue pseudo-myxœdémateuse qui les dissimulait et retrouvent leur finesse primitive. Dans quelques cas rebelles où l'on est obligé de recourir au traitement mixte (cupro-cinnamique et chaulmoogra) le complexe cupro-cinnamique semble servir de catalyseur puissant et favoriser l'action du médicament de choc.

*Conclusions.* — Ce complexe cupro-cinnamique s'attaque probablement à la cause du mal, il est en outre des plus maniables, indolore, et injectable même chez des sujets très jeunes (4 à 6 ans). S'il ne guérit pas toujours, il y a peu de cas dans lesquels il n'apporte pas un très important soulagement.

M. P. Sonier adresse une Note sur *Une propriété des fonctions biharmoniques. Son application aux plaques minces supportant des charges à étalement circulaire.*

La séance est levée à $15^h30^m$.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 19 FÉVRIER 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le PRÉSIDENT s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous avons été tous douloureusement émus par la nouvelle de la mort accidentelle de **S. M. ALBERT I**[er], Roi des Belges, Membre associé de l'Académie des Sciences morales et politiques et, à ce titre, notre Confrère de l'Institut de France. Ce n'est pas ici le lieu de rappeler toutes les raisons qu'ont les Français de s'associer au deuil de la noble nation belge. Qu'il me soit permis de rappeler que, parmi les initiatives généreuses du Roi Albert, il en est une qui intéresse particulièrement la science : c'est la création du Fonds national belge pour la Recherche scientifique, initiative qui a suscité dans notre pays une création analogue.

Le Gouvernement français a décrété, à cette occasion, un deuil national; je vous propose d'y associer notre Académie en levant la séance en signe de deuil.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Cultures de la Pomme de terre en hautes altitudes et en hautes latitudes*. Note de M. **J. COSTANTIN**.

I. *Dans les Pyrénées* (à 2800$^m$, au Pic du Midi). — Le 20 mai 1933, trois tubercules de Pomme de terre de la variété *Bintje* considérés comme sains, car ils venaient directement de Hollande (Frise, Leeuwarden), ont

été plantés à l'Observatoire du Pic du Midi (2860$^m$) par M. Bouget, botaniste de cet établissement dans les conditions suivantes :

Par suite de l'enneigement prolongé dans le jardin, on a préparé une caisse avec de la terre du Pic, où l'on a planté ces trois tubercules. Cette caisse a été mise dans un couloir de l'Observatoire et contre une fenêtre jusqu'au 28 juillet. A cette date, cette caisse a été portée dehors, sur la terrasse, où elle est restée jusqu'au moment de l'arrachage qui a eu lieu le 24 septembre.

Durant le séjour dans l'intérieur de l'établissement, ces Pommes de terre ont donné une végétation foliacée presque aussi développée qu'en plaine dans le même temps.

Une fois dehors, l'accroissement des tiges s'est arrêté, les feuilles sont devenues plus vertes et les tiges roussâtres. Cet état de végétation s'est maintenu une quinzaine de jours. Ensuite, les feuilles se sont desséchées sous l'influence des brusques variations du temps, des bourgeonnements se sont produits au ras de la souche, mais ils sont restés presque à l'état latent.

La tubérisation avait évidemment commencé à l'intérieur du couloir de l'Observatoire, mais les tubercules ont continué à grossir même après la sortie en plein air et le desséchement des feuilles.

La durée de l'évolution de ces trois pieds de *Bintje* a été de 128 jours : 70 jours à l'intérieur, 58 à l'extérieur. Les tubercules se sont formés en partie dedans, mais toujours sous l'influence d'une altitude de 2860$^m$. La végétation qui s'est produite à l'intérieur du bâtiment n'a été modifiée que par la diminution de la pression barométrique; celle qui s'est manifestée à l'extérieur a été sous la dépendance de tous les autres facteurs qui sont liés à l'altitude.

La récolte totale des trois pieds a été de 100$^g$ pour 19 tubercules formés. La dégénérescence ici constatée n'avait rien à voir avec les maladies à virus, puisque la variété *Bintje* était saine. Il s'agit donc dans ce cas d'une *dégénérescence climatérique* (1) due à une haute altitude.

Déjà, en 1901 et 1906, en des saisons plus favorables qu'en 1933, M. Bouget avait fait des essais de culture de Pommes de terre dans le jardin de l'Observatoire.

Voici les résultats : partie aérienne, tiges de 3$^{cm}$ et plus nombreuses pour chaque pied, entre-nœuds extrêmement courts; feuilles en touffes excessivement serrées autour de la tige et d'un vert presque noirâtre; les tubercules étaient moins réguliers que ceux de la variété *Bintje :* quelques-uns étaient plus gros que les précédents et les autres généralement plus petits jusqu'à la grosseur d'un petit pois (2).

II. *Cultures en hautes latitudes.* — En 1875, Schübeler, agronome scandinave, a étudié l'influence des hautes latitudes.

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1614.

(2) Ces essais, faits sous la direction de Bonnier, ont été inspectés par M. Dauphiné, envoyé par lui.

Dans son second volume du *Monde des plantes de la Norvège* (partie spéciale, p. 264), il a mentionné que la plus haute latitude pour la culture de la Pomme de terre est Skarsvaag, 71°7′ latitude boréale (île Magero, à 1 mille du Cap Nord). A Alten (70°), on a mangé des tubercules qui venaient d'être récoltés au milieu d'août; semis, 2 juin; floraison, 20 juillet; récolte, 7 à 8 fois le poids de semence; 12 fois les bonnes années; 30 fois est rare.

En Laponie russe (67°10′) et à Archangelsk, on n'a pas de bonnes récoltes; les tubercules ne sont guère plus gros que des *noisettes*.

Ceci est confirmé par Schrenk.

Au Groenland (60°44′), on ne récolte sous chaque pied qu'une paire de tubercules (124g).

III. *Culture dans les Alpes, puis à Fontainebleau.* — Dans les Alpes, avec mes collaborateurs MM. Lebard et Magrou, nous avons fait, depuis quatre ans, des constatations analogues au Lautaret (2100m).

Les récoltes ainsi faites en haute altitude peuvent cependant donner l'année suivante, en plaine, des rendements qui peuvent être bons.

Ainsi, en 1933, j'ai cultivé des tubercules de trois variétés au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau qui avaient été récoltés l'année précédente en trois ou quatre stations : au Lautaret (2100m), à Villard-d'Arène (1650m), à La Grave (1500m) et à Brunoy (en plaine).

Voici quels ont été les rendements obtenus sous mon contrôle :

*Culture au Laboratoire de Fontainebleau.*
(Plantation 12 avril 1933; récolte le 22 septembre.)

| Variété. | Origine des tubercules. | Rendements moyens par pied. | Rendements extrêmes maxima. | Rendements extrêmes minima. |
|---|---|---|---|---|
| *Industrie* | Lautaret (2100m)........ | 2265g | 3370g | 1220g |
| » | La Grave (1500m)........ | 1447 | 2930 | 200 |
| » | Brunoy (plaine)......... | 1097 | 2420 | 90 |
| *Triumph* | Lautaret (2100m)........ | 1388 | 2180 | 300 |
| » | La Grave (1500m)........ | 1837 | 2600 | 1350 |
| » | Brunoy (plaine)......... | 1472 | 1640 | 1350 |
| *Bevelander* | Lautaret (2100m)......... | 910 | 2070 | 420 |
| » | Villard-d'Arène (1650m).. | 1612 | 2300 | 1310 |
| » | La Grave (1500m)........ | 1582 | 1900 | 1260 |
| » | Brunoy (plaine)......... | 1005 | 1900 | 330 |

On a donc parfois un rendement supérieur avec les tubercules venant du Lautaret (2100m). La cause de ces variations devra être recherchée.

IV. *Dans les Andes à* 3500, *à* 4000$^{m}$ *d'altitude.* — D'après les renseignements que m'a fourni M. Pozzi-Escot, Français, professeur à l'Institut agronomique de Lima (Pérou), on cultive la Pomme de terre dans les Andes jusqu'à 3500 et 4000$^{m}$.

Les Pommes de terre de la *Sierra* passent pour avoir un goût délicieux; elles se vendent d'ailleurs deux fois plus cher que celles des environs de Lima (de la *Costa*, près de la côte de l'océan Pacifique).

Une croyance populaire singulière (contre laquelle j'ai protesté auprès de M. Pozzi-Escot) est qu'on ne doit pas prendre de semences dans les hautes altitudes pour les cultures faites dans la *Costa*.

A la suite de ma protestation, l'agronome péruvien a eu l'occasion de visiter un agriculteur de la vallée de Lima *qui avait fait venir ses semences de Pommes de terre de la Sierra;* elles lui avaient donné le *double* de la récolte courante. Cette récolte doublée est loin de celle enregistrée dans les expériences faites dans les Alpes par moi et MM. Lebard et Magrou, car *le rendement est souvent six fois plus fort.*

V. *La Pomme de terre sauvage à* 5000$^{m}$ *d'altitude.* — Un fait très important que m'a annoncé M. Pozzi-Escot est que la véritable Pomme de terre sauvage des Andes pousse près des glaciers, à 5000$^{m}$ et non pas à 3000 ou 4000$^{m}$ comme l'avaient annoncé depuis un siècle divers explorateurs ou botanistes (de Candolle, Engler, Weddell, Claude Gay, Baker, André, Verne). A ces dernières altitudes, on ne rencontre que la *Pomme de terre échappée des cultures et redevenues sauvage.*

VI. *Conservation des tubercules en haute altitude dans l'Atlas.* — Dans les premiers essais faits dans l'Atlas au Maroc par M. Emberger, directeur de l'Institut chérifien de Rabat, il a été constaté le fait suivant dont l'importante pratique sera grande vraisemblablement.

Il a essayé de conserver dans l'Atlas dans le laboratoire alpestre marocain d'Ifrane (1600$^{m}$) deux sortes de tubercules :

1° les uns qui, venant des Alpes, avaient été d'abord cultivés à Rabat (plantés le 17 janvier 1933, récoltés le 31 mai 1933) et appartenant aux deux variétés : *Industrie* et *Maréchal-Pétain* (cette dernière variété venant de la maison Vilmorin);

2° les autres (*tout venant*, sans nom de variété) achetés à Rabat après *une seule culture* au Maroc et dégénérés selon toute vraisemblance.

Les premiers *se sont très bien conservés* à 1600$^m$; les seconds se sont gâtés (¹).

Grâce à l'essai précédent, *on pourra donc faire plus d'une culture de Pomme de terre au Maroc et en Algérie* avec des tubercules venant des Alpes, en les conservant dans une cave fraîche pendant l'été. Par ce simple changement de conservation des semences, on améliorera considérablement la culture de la Pomme de terre dans l'Afrique du Nord où elle n'est actuellement qu'un *légume de luxe* pour les grands chefs ; elle deviendra l'aliment de l'indigène qui en gardera, sans doute, quelque reconnaissance à la France.

De nouveaux essais culturaux vont être faits sur une plus vaste échelle qu'en 1933, avec le concours et sous la direction de M. Miège, chef du service de l'Agriculture au Maroc, en trois points : à Rabat, à El Hadjeb (1000$^m$) et à Ifrane (1600$^m$).

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Allantoïne douée du pouvoir rotatoire.* Note de MM. **R. Fosse, P.-E. Thomas** et **P. de Græve.**

1. La constitution de l'allantoïne, principe naturel des animaux (Vauquelin et Buniva, 1799) (²) comme des végétaux (Schultze et Barbieri, 1881) (³), découle des belles synthèses réalisées par MM. Grimaux, Siemonsen, L.-J. Simon et G. Chavanne, H. Biltz et E. Giessler (voir page 690).

Ainsi se trouve construit par des méthodes différentes un même édifice moléculaire où les quatre valences d'un atome de carbone sont liées à quatre radicaux différents.

D'après les célèbres travaux de Pasteur, Le Bel et Van't Hoff, l'allantoïne doit donc : ou dévier la lumière polarisée, ou donner sous l'influence d'agents biologiques un corps doué du pouvoir rotatoire.

Or l'allantoïne ne manifeste ni l'un ni l'autre de ces phénomènes : elle n'est connue qu'à l'état optiquement inactif et l'on n'a pu jusqu'ici provoquer sa rupture en composés actifs.

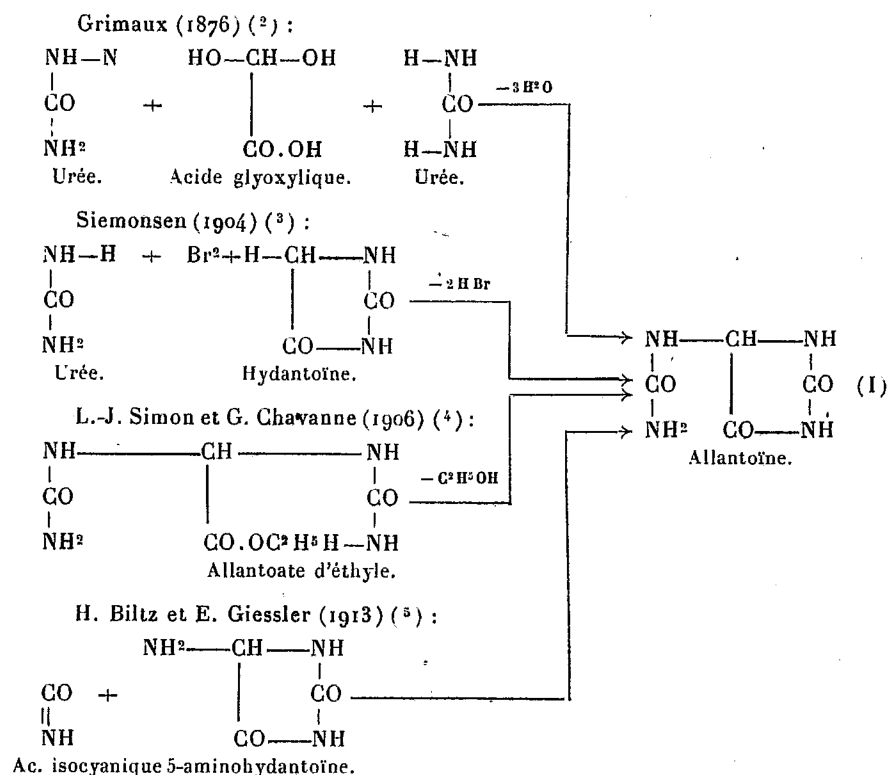
---

(¹) Costantin, *C. R. Acad. Agriculture*, **20**, 1933, p. 146. Ce mot *gâté*, employé par M. Emberger, n'exclut pas l'intervention des Bactéries de la pourriture (*Bacillus phytophthorus*). Ce point devra être précisé.

(²) *Ann. Chim.*, 1$^{re}$ série, **33**, 1800, p. 269.

(³) *Berichte der deutsch. chem. Gesells*, **14**, 1881, p. 1602.

Des bactéries, provenant de l'urine fermentée, la détruisent partiellement en formant de l'ammoniaque, mais ne provoquent nullement l'apparition d'un des isomères actifs prévus par la théorie (L.-B. Mendel et H.-D. Dakin) (¹).




P. Jacobson pense qu'il devient, dès lors, très invraisemblable de considérer la formule asymétrique de Grimaux (I) comme le seul symbole possible de la structure de l'allantoïne : « Durch diesen Befund wird die Formel als alleiniges Symbol der Allantoin-Struktur recht unwahrscheinlich » (⁶).

(¹) *J. Biol. chem.*, 7, 1909-1910, p. 153-156.

(²) *Bull. Soc. chim.*, 2ᵉ série, 26, 1876, p. 485; *Ann. Chim.*, 5ᵉ série, 2, 1877, p. 389.

(³) *Liebigs Annalen der Chemie*, 333, 1904, p. 108, 133, 137.

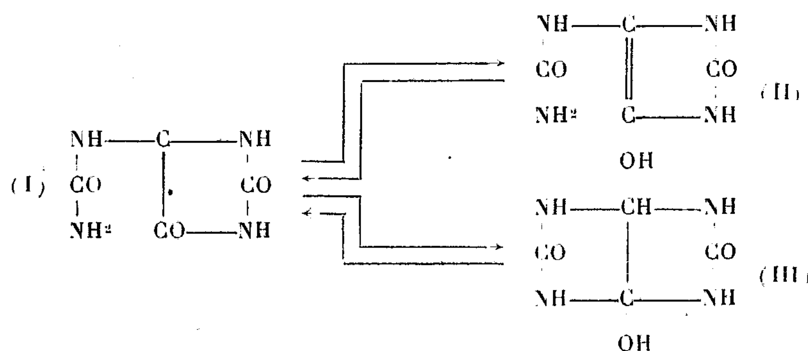
(⁴) *Comptes rendus*, 143, 1906, p. 52.

(⁵) *Berichte der deutsch. chem. Gesells.*, 46, 1913, p. 3413.

(⁶) V. Meyer et P. Jacobson, *Lehrbuch der organischen chemie*, Berlin et Leipzig, 1923, vol. 2, 3ᵉ Partie, p. 461-462.

Deux autres formules sans carbone asymétrique ont été proposées; l'une monocyclique (II) ([1]), l'autre bicyclique (III) ([2]).

Cependant la formule (I) n'est pas complètement abandonnée puisqu'on admet que l'allantoïne en solution existe sous deux formes tautomères en équilibre, (I) d'une part, (II) ou (III) d'autre part.




Les expériences décrites dans cette Note révèlent et démontrent que l'allantoïne active sur la lumière polarisée, lévogyre, se forme au cours de la fermentation de l'allantoïne sous l'influence de l'allantoïnase. L'allantoïnase est l'un des ferments que les graines mettent en jeu pour passer de l'acide urique, non directement assimilable, à l'ammoniaque, l'aliment azoté par excellence du règne végétal ([3]).

2. *Formation d'un corps lévogyre au cours de la fermentation de l'allantoïne sous l'influence de l'allantoïnase du soja.* — Placer au bain d'eau à 40° dans deux séries de vases bouchés, les milieux suivants :

---

([1]) Voir note ([1]), p. 690.

([2]) TITHERLEY, *J. Chem, Soc.*, **103**, 1913, p. 1336; H. BILTZ et MAX, *Berichte der deutsch. chem. Gesells.*, **54**, 1921, p. 2451.

([3]) R. FOSSE et A. BRUNEL, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 426, 1067; R. FOSSE, A. BRUNEL et P. DE GRAEVE, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 1418, 1632; **189**, 1929, p. 213, 716; **190**, 1930, p. 79, 693; R. FOSSE, A. BRUNEL, P. DE GRAEVE, P.-E. THOMAS et J. SARAZIN, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1025, 1153, 1388; A. BRUNEL, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 442; R. FOSSE, A. BRUNEL et P.-E. THOMAS, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1615; **193**, 1931, p. 7; **194**, 1932, p. 1408; **195**, 1932, p. 1198; **196**, 1933, p. 883, 1264; **197**, 1933, p. 370; R. FOSSE et A. BRUNEL, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 288.

| | E. | T. |
|---|---|---|
| Solution d'allantoïne à 10/1000 | $50^{cm^3}$ | – |
| Eau | – | $50^{cm^3}$ |
| *Soja hispida* broyé 1 % | $0^g,5$ | $0^g,50$ |
| Sesquicarbonate d'ammonium | $0^g,1$ | $0^g,1$ |
| Chloroforme | + | + |

Après des temps variables, déféquer les deux milieux à l'aide d'acétate basique de plomb ($2^{cm^3},5$); centrifuger; éliminer le plomb de la liqueur par $H^2S$ et l'excès de ce gaz par courant d'air;

examiner au polarimètre dans un tube de $5^{dm}$ les liqueurs incolores ainsi obtenues.

Tandis que le pouvoir rotatoire de T reste constant et voisin de +35′, celui de E décroît, s'annule, passe à gauche pour atteindre le maximum de —25′ après 7 heures de fermentation. D'où une rotation totale d'environ —1°.

3. Isolement de l'allantoïne lévogyre. — *a. Fermentation.* — Dissoudre à chaud l'allantoïne ($10^g$) dans l'eau ($1000^{cm^3}$); refroidir à 40°; ajouter le sesquicarbonate d'ammonium ($2^g$); le soja hispida broyé ($10^g$); du chloroforme; maintenir le mélange dans un bain d'eau à 40° durant 7 heures.

*b. Défécation.* — Refroidir; traiter par l'acétate basique de plomb ($50^{cm^3}$); centrifuger; précipiter le plomb de la liqueur par $H^2S$; filtrer; chasser $H^2S$ par un courant d'air; évaporer le filtrat à sec, dans le vide.

*c. Purification.* — Traiter les cristaux broyés par de l'eau à 40°, jusqu'à disparition du pouvoir rotatoire dans les eaux d'épuisement; précipiter les liqueurs réunies par leur volume du réactif acétate de mercure-sodium de Wiechowski; recueillir le précipité mercurique par centrifugation; le laver trois fois à l'eau; le placer en suspension dans l'eau ($50^{cm^3}$) et le décomposer par $H^2S$; séparer HgS; chasser $H^2S$ par courant d'air; évaporer à sec dans le vide.

*d. Cristallisation.* — Épuiser les cristaux broyés par de l'eau à 40°, filtrer pour séparer l'allantoïne inactive moins soluble et abandonner à cristallisation. Plusieurs cristallisations effectuées dans les mêmes conditions conduisent à l'allantoïne lévogyre pure, qui se présente sous forme de longues aiguilles pouvant atteindre plusieurs centimètres de long, groupées en houppes, solubles dans environ trente fois leur poids d'eau à 15°.

*Analyse.* — Micro-Dumas. Trouvé : N pour 100, 35,42. Calculé pour $C^4H^6O^3N^4$ : N pour 100, 35,44, Matière, $3^{mg},434$; volume corrigé, $1^{cm^3},030$; pression $770^{mm}$; température, 15°.

*Pouvoir rotatoire spécifique en solution aqueuse à 20°.* — Trouvé, $\alpha_D = 92°24'$; matière, $0^g,3347$; volume, $20^{cm^3}$; longueur du tube, $2^{dm},2$; $\alpha$ lu $= -3°24'$.

MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul des oscillations mécaniques ou électriques.* Note de M. **J. Haag.**

1. Tons les électriciens connaissent les services que rend l'emploi des imaginaires dans la théorie des courants alternatifs. Les mêmes services peuvent être rendus dans l'étude des oscillations mécaniques, qui obéissent aux mêmes équations que les oscillations électriques [1].

Je me propose, dans cette Note, d'indiquer *une méthode générale de calcul, reposant à la fois sur l'emploi des imaginaires et sur les procédés du calcul tensoriel élémentaire.*

2. Considérons d'abord un système mécanique, dépendant de $n$ paramètres indépendants $q_1, q_2, \ldots, q_n$. Soient T son *énergie cinétique*, V le *potentiel* des forces élastiques et S la *perte de puissance* due aux résistances visqueuses. Ces trois quantités sont des formes quadratiques définies positives

$$2\mathrm{T} = a^{ik} q'_i q'_k, \qquad 2\mathrm{V} = b^{ik} q_i q_k, \qquad 2\mathrm{S} = c^{ik} q'_i q'_k.$$

Nous supposerons que tous les coefficients de ces formes sont constants.

Nous appellerons *impédance quadratique* la forme quadratique

$$\mathrm{Z} = 2\mathrm{S} + 2j\left(\omega \mathrm{T} - \frac{\mathrm{V}}{\omega}\right) = z^{ik} v_i v_k, \qquad v_i = q'_i; \tag{1}$$

où $j$ désigne le symbole $\sqrt{-1}$ et $\omega$ la pulsation des oscillations. Je suppose de plus que, dans V, on remplace $q_i$ par $v_i$, de sorte que l'on a

$$z^{ik} = c^{ik} + j\left(\omega a^{ik} - \frac{b^{ik}}{\omega}\right).$$

3. Cela posé, appliquons à notre système des forces sinusoïdales, dont la puissance instantanée soit $f^i v_i$. Si l'on convient de représenter par un trait supérieur le nombre complexe attaché à toute fonction sinusoïdale, on obtient immédiatement, par les équations de Lagrange, les formules

$$\bar{f}^i = z^{ik} \bar{v}_k = \frac{1}{2} \frac{\partial \mathrm{Z}}{\partial v_i}, \tag{2}$$

$$\bar{v}_i = z_{ik} \bar{f}^k. \tag{3}$$

(1) Le Corbeiller, *Conférences sur l'Acoustique*, p. 15.

Autrement dit, $\overline{f}^i$ et $\overline{v}_i$ sont les *composantes contrevariantes et covariantes* d'un même vecteur, quand on prend Z pour forme quadratique fondamentale.

Les *périodes propres* du système sont obtenues en annulant le discriminant $D(\omega)$ de Z. Soit $\omega_0 = \alpha + j\beta$ l'une des racines. Si l'on suppose $\omega = \alpha$ et si l'on appelle $R_{ik}$ le résidu de $z_{ik}$ relatif au pôle $\omega_0$, la formule (3) donne

$$\overline{v}_i = \frac{j}{\beta} R_{ik} \overline{f}^k.$$

Si les résistances visqueuses sont très petites, il en est de même de $\beta$; le module de $\overline{v}_i$ est très grand; on a des oscillations de très grande amplitude; c'est le phénomène de la *résonance*.

Si l'on appelle P et H la *puissance* et l'*hormanance* (¹) absorbées par le système, pour la pulsation $\omega$, le nombre complexe $P + jH$ est la demi-forme polaire de Z relativement aux variables $\overline{v}_i$ et aux variables imaginaires conjuguées.

4. Supposons que les paramètres soient surabondants et qu'il existe *p équations de liaison :*

$$\alpha_i^k v_k = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, p < n). \tag{4}$$

On peut calculer le mouvement entretenu en tirant $p$ des vitesses $v_i$ en fonction des $n - p$ autres, portant dans Z et appliquant les formules (3). On peut aussi appliquer la méthode des *multiplicateurs de Lagrange*. Posons

$$c_{ij} = z_{hk} \alpha_i^h \alpha_j^k \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, p).$$

Soient $c^{ij}$ les coefficients de la forme quadratique adjointe à la forme quadratique auxiliaire $c_{ij} t^i t^j$. On a

$$\overline{v}^i = \overline{f}^i - (c^{hk} \alpha_h^i \alpha_k^j) \overline{f}_j. \tag{5}$$

5. *Du point de vue de l'électricité*, tout ce qui précède s'applique sans modification. Les $v_i$ sont les *courants* et les $f^i$ sont les *forces électromotrices;* T et V sont l'*énergie électromagnétique* et l'*énergie potentielle électrostatique;* S est la perte de puissance par *effet Joule*.

Deux oscillateurs, mécaniques et électriques, qui ont la même impédance quadratique, obéissent aux mêmes lois; chacun d'eux peut servir de modèle

---

(¹) Blondel, *Les courants alternatifs*, p. 83.

à l'autre. C'est ainsi qu'il est facile d'imaginer des dispositifs mécaniques réalisant les montages en *série* ou en *parallèle*, le *circuit oscillant*, le *circuit bouchon*, le *pont de Wheatstone*, le *fréquencemètre*, etc. Signalons encore les *filtres mécaniques* (¹) qui sont caractérisés, comme les *filtres électriques*, par une impédance quadratique de la forme

$$Z = z_1 v_1^2 + z_2 v_n^2 + z\left[\sum_{p=2}^{n-1} v_p^2\right] + z'\left[\sum_{p=1}^{n-1} (v_p - v_{p+1})^2\right].$$

6. La méthode de calcul ci-dessus permet de démontrer avec facilité certains théorèmes généraux concernant les courants alternatifs. Par exemple, le *théorème de Maxwell* (²) revient à la relation évidente $z_{ik} = z_{ki}$. Voici d'autres applications.

Soit un réseau à $p+1$ sommets $S_0$, $S_1$, ..., $S_p$; le premier $S_0$ jouant le rôle de *point neutre*, de potentiel zéro. Soit $\alpha_i^k v_k$ la somme des courants issus de $S_i$. Le potentiel de $S_i$ est

$$\overline{V}_i = - c^{ik} \alpha_k^j \overline{f}_j,$$

les $c^{ik}$ se calculant comme au n° 4.

Si l'on réunit les sommets $S_i$ et $S_j$ par l'impédance $z$, à laquelle on applique la force électromotrice $g$, le courant passant dans cette impédance est

$$\overline{V} = \frac{\overline{g} - (c^{ik} - c^{jk})\alpha_k^l \overline{f}_l}{z + c^{ii} + c^{jj} - 2c^{ij}}.$$

Il est nul si $\overline{g} = \overline{V}_j - \overline{V}_i$.

On peut aussi trouver la *condition générale d'équivalence des deux réseaux* à $p$ sommets et en déduire, par exemple, une démonstration simple du *théorème de Kennelly et Rosen* (³).

M. **P.-A. Dangeard** dépose sur le Bureau le volume 25 du *Botaniste* qu'il dirige.

---

(¹) Le Corbeiller, *loc. cit.*, p. 21 *bis*.
(²) Blondel, *loc. cit.*, p. 241.
(³) Blondel, *loc. cit.*, p. 242.

## NOMINATIONS.

M. G. Urbain est délégué à une cérémonie de l'Académie des Sciences de Lisbonne.

## CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Éducation nationale invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de *Physique végétale* vacante au Muséum national d'Histoire naturelle.

(Renvoi aux Sections de Botanique et d'Économie rurale.)

M. Gaston Julia prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Géométrie par le décès de M. *P. Painlevé.*

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*Principes d'Agronomie*, II. *Croissance des végétaux*, par M. Albert Demolon.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Applications d'une nouvelle méthode générale de statistique théorique.* Note de Mme **Hilda Geiringer**, présentée par M. Émile Borel.

Pour étudier dans un cas donné l'hypothèse qu'une série d'épreuves $X_1, \ldots, X_m$ puisse être interprétée par une loi de probabilité $p(x)$ de forme connue mais à $k$ paramètres $\alpha_1, \ldots, \alpha_k$ inconnus, on peut se servir du procédé suivant.

1. On cherche une « relation caractéristique de $p(x)$ »

$$(a) \qquad G(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2, \ldots) = 0,$$

où

$$(b) \qquad \mathfrak{M}_\nu = \sum_x (x - b_\nu)^\nu p(x) \qquad (\nu = 1, 2, \ldots),$$

de sorte que les paramètres $\alpha_k$ n'entrent pas dans $(a)$, les $\alpha_k$ étant éliminés à l'aide des expressions $(b)$ qui donnent les $\mathfrak{M}_\nu$ en fonction des $\alpha_k$.

2. On construit une fonction

$$(c) \qquad F(M_1, M_2, \ldots)$$

des moments dits empiriques

$$(d) \qquad M_\nu = \frac{1}{m} \sum_\mu (x_\mu - b_\nu)^\nu \qquad (\nu = 1, 2, \ldots),$$

telle que l'espérance mathématique de $F(M_1, M_2, \ldots)$ soit égale à $G(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2, \ldots)$. Soit $H(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2, \ldots)$ la dispersion de $F(M_1, M_2, \ldots)$ ou l'espérance mathématique de $[F - \text{Esp. math. }(F)]^2$.

3. En introduisant dans $(d)$ les résultats d'épreuves $X_1, \ldots, X_m$, on a

$$(e) \qquad \overline{M}_\nu = \frac{1}{m} \sum_\mu (X_\mu - b_\nu)^\nu \qquad (\nu = 1, 2, \ldots)$$

et l'on peut vérifier si $\overline{F} = F(\overline{M}_1, \overline{M}_2, \ldots)$ ne diffère de zéro que d'une quantité de l'ordre $\pm\sqrt{\overline{H}} = \pm\sqrt{H(\overline{M}_1, \overline{M}_2, \ldots)}$ près.

Prenons comme premier exemple la fonction hypergéométrique

$$(1) \qquad p(x) = \frac{\varphi_k^x \cdot \varphi_h^{n-x}}{\varphi_{h+k}^n}$$

à deux paramètres $h$ et $k$ inconnus. On aura, avec $b_1 = 0$, $b = b_2 = \mathfrak{M}_1$,

$$(2) \qquad \begin{cases} \mathfrak{M}_1 = n\dfrac{k}{h+k}, \\ \mathfrak{M}_2 = n\dfrac{hk}{(h+k)^2}\,\dfrac{h+k-n}{h+k-1}, \\ \mathfrak{M}_3 = n\dfrac{hk(h-k)}{(h+k)^3}\,\dfrac{h+k-n}{h+k-1}\,\dfrac{h+k-2n}{h+k-2}; \end{cases}$$

en éliminant $h$ et $k$ on trouve la relation caractéristique de « l'ordre » 5 :

$$(3) \qquad G(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2, \mathfrak{M}_3) = n\mathfrak{M}_2\mathfrak{M}_3 + \mathfrak{M}_1\mathfrak{M}_3(2-n)(\mathfrak{M}_1 - n) + \mathfrak{M}_2^2(2n-1) + \mathfrak{M}_1\mathfrak{M}_2(n^2 - 3n\mathfrak{M}_1 + 2\mathfrak{M}_1^2) = 0.$$

L'expression correspondante de F, dont l'espérance mathématique pour

$m$ infini serait égale à G, est

$$(4)\qquad F(M_1, \ldots, M_5) = G(M_1, M_2, M_3) - \frac{1}{m}[2M_1M_3(n+1)(M_1-n)] + (M_2^2 - M_4)(n+1)(n-2M_1) + 2M_2M_3 + nM_5 + n^2M_3].$$

Pour H on trouve une expression de l'ordre 10. En évaluant F et H on vérifiera de la façon mentionnée plus haut si l'hypothèse d'une répartition hypergéométrique en vue des $X_1, \ldots, X_m$ serait admissible ou non.

Pour traiter la question, analogue au cas de la loi de Gauss à deux paramètres,

$$(5)\qquad p(x) - \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2(x-a)^2},$$

on pourra établir aussi deux relations caractéristiques

$$(6)\qquad \mathfrak{M}_3 = 0, \qquad \mathfrak{M}_4 - 3\mathfrak{M}_2^2 = 0,$$

les F et F de ces deux relations seront

$$(7)\qquad F_1 = M_3, \qquad F_2 = (M_4 - 3M_2^2) + \frac{2}{m} M_4,$$

et pour les dispersions on a

$$(8)\qquad \begin{cases} H_1 = \dfrac{1}{m}(\mathfrak{M}_6 - 3\mathfrak{M}_3^2 - 6\mathfrak{M}_2\mathfrak{M}_4 + 9\mathfrak{M}_2^3), \\ H_2 = \dfrac{1}{m}(\mathfrak{M}_8 - 6\mathfrak{M}_2\mathfrak{M}_6 - 3\mathfrak{M}_3\mathfrak{M}_5 - \mathfrak{M}_4^2 + 42\mathfrak{M}_2^2\mathfrak{M}_4 + 40\mathfrak{M}_3^2\mathfrak{M}_2 - 36\mathfrak{M}_2^4). \end{cases}$$

Si, en introduisant les valeurs données $X_1, \ldots, X_m$, on trouve que $\overline{F_1}$ et $\overline{F_2}$ sont comparables à $\sqrt{H_1}$, $\sqrt{H_2}$ resp., on sera rassuré que les $X_\mu$ proviennent d'un collectif, où domine la loi de Gauss.

Notre méthode s'étend sans difficulté essentielle aux problèmes de statistique à deux et plusieurs dimensions.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un mode général de représentation des fonctions elliptiques*. Note (¹) de M. **Michel Petrovitch**.

Toute fonction méromorphe doublement périodique $f(z)$ est quotient de deux fonctions entières $G_1(z)$ et $G_2(z)$ dont les fonctions Al de Weierstrass fournissent un exemple. J'indique dans la présente Note une

(¹) Séance du 29 janvier 1934.

forme analytique générale de ces fonctions entières, en démontrant le théorème suivant :

Chacune des fonctions $G_1$ et $G_2$ s'exprime sous la forme

$$(1) \qquad \frac{1}{2\pi i}\int \Phi(t, z)\,P(t-z)\,dt,$$

où $\Phi$ est une fonction méromorphe de $t$ et de $z$, *restant la même pour toutes les fonctions* $f(z)$ *ayant les mêmes périodes élémentaires*, $P(x)$ étant *un polynome en* $x$ à coefficients constants, changeant d'une fonction $f(z)$ à une autre; l'intégrale est à prendre le long d'un contour quelconque C entourant le parallélogramme des périodes T dans lequel se trouve le point considéré $z$.

Le théorème met en évidence le fait intéressant que *toutes les fonctions méromorphes doublement périodiques se laissent exprimer sous une forme analytique sous lesquelles elles ne diffèrent entre elles que par leurs périodes et par les polynomes caractéristiques* P.

Pour le montrer, partons du fait signalé par M. Painlevé [1] qu'étant donnée une fonction méromorphe doublement périodique $f(z)$ d'ordre $n$, et prenant pour $p(z)$ la fonction elliptique normale aux mêmes périodes $2\omega$ et $2\omega'$ que $f(z)$, on peut toujours former deux expressions

$$F_1(z) = a_0 p(z+h) + a_1 p'(z+h) + \ldots + a_{n-2} p^{(n-2)}(z+h),$$
$$F_2(z) = a'_0 p(z+h) + a'_1 p'(z+h) + \ldots + a'_{n-2} p^{(n-2)}(z+h)$$

(où les $a_k$, $a'_k$, $h$ sont des constantes) dont la première $F_1$ a comme zéros les zéros de $f(z)$ compris dans T, la seconde $F_2$ ayant comme zéros les pôles de $f(z)$ dans T. Ces deux fonctions ont pour pôles les nombres

$$(3) \qquad \alpha_{m.m'} = -h + 2m\omega + 2m'\omega',$$

où $m$ et $m'$ parcourent la suite naturelle des entiers positifs et négatifs, y compris zéro (pôles d'ordre $k+2$ pour la dérivée $p^{(k)}$).

L'intégrale curviligne

$$(4) \qquad \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{p(t+h)}{(t-z)^{k+1}}\,dt$$

a pour valeur la fonction

$$\frac{1}{k!}p^{(k)}(z+h)$$

---

[1] *Bull. de la Soc. math. de France*, 27, 1899, p. 301-302.

augmentée de la somme des résidus de $p(t+h)$ relatifs aux pôles entourés par C. Chacun de ces résidus étant nul, on aura

$$(5)\qquad \frac{1}{k!}p^{(k)}(z+h)=\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{p(t+h)}{(t-z)^{k+1}}dt$$

et, par suite,

$$(6)\qquad F_1(z)=\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{p(t+h)}{(t-z)^n}P_1(t-z)\,dt,$$

où $P_1(x)$ désigne le polynome

$$P_1(x)=A_{n-1}+A_{n-2}x+\ldots+A_1x^{n-2}+A_0x^{n-1},\qquad A_k=\frac{a_k}{k!}.$$

La même formule (6) est aussi valable pour $F_2(z)$ à condition d'y remplacer le polynome $P_1$ par $P_2$ obtenu en remplaçant les $a_k$ par $a'_k$.

Ceci étant, formons la fonction entière $\lambda(z)$ de genre deux, ayant les $\alpha_{m,m'}$ comme zéros simples. Chacun des deux produits

$$(7)\qquad G_1(z)=[\lambda(z)]^n F_1(z),\qquad G_2(z)=[\lambda(z)]^n F_2(z)$$

représente une fonction entière de $z$. D'après ce qui précède, ces deux fonctions s'expriment par l'intégrale

$$(8)\qquad \frac{1}{2\pi i}\int_C \Phi(t,z)P(t-z)\,dt,$$

où

$$(9)\qquad \Phi(t,z)=\left[\frac{\lambda(z)}{t-z}\right]^n p(t+h)$$

et où le polynome P est à remplacer par $P_1$ pour $G_1$ et par $P_2$ pour $G_2$.

Le quotient

$$(10)\qquad \frac{f(z)G_2(z)}{G_1(z)}=\frac{F_2(z)}{F_1(z)}f(z)$$

étant une fonction méromorphe doublement périodique n'ayant ni zéros ni pôles est une constante (qu'on peut supposer égale à l'unité). Il s'ensuit que

$$(11)\qquad f(z)=\frac{G_1(z)}{G_2(z)},$$

la formule (8) fournissant la forme analytique de deux fonctions $G_1$ et $G_2$. La même formule conduit à divers développements de ces deux fonctions en séries.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés des courbes de M. Birkhoff.* Note de M[lle] **M. Charpentier**, présentée par M. Hadamard.

I. Une courbe de M. Birkhoff [1] est par définition un ensemble fermé identique aux frontières des deux régions qu'il détermine dans le plan, elle est roulée à gauche [2] par rapport à l'extérieur et à l'intérieur et invariante par une certaine transformation analytique $T_\varepsilon$. $T_\varepsilon$ avance dans un sens les points accessibles de l'intérieur et dans un autre sens les points accessibles de l'extérieur, les coefficients de rotation, de signes contraires, sont respectivement $\tau_i$ et $\tau_e$.

Appelons K l'ensemble des points radialement accessibles de l'intérieur [accessibles de O par un rayon], $\mathcal{K}$ sera l'ensemble des rayons limités aux points de $\overline{K}$.

Différents lemmes nous conduisent à la propriété suivante :

*Le point radialement accessible* R *est une fonction de* $\theta$ *continue à gauche ayant par conséquent au plus une infinité dénombrable de discontinuités.*

Il vient alors :

Théorème. — *Si l'ensemble limite des ensembles emboîtés* $\overline{K}$, $T_\varepsilon^{-1}\overline{K}$, $T_\varepsilon^{-n}\overline{K}$ *ne se réduit pas à un ensemble dénombrable (non dense puisque fermé) il existe des points de la courbe* $\mathcal{C}$ *qui restent radialement accessibles par itération indéfinie de* $T_\varepsilon$ [tous les points radialement accessibles restent tels par itération de $T_\varepsilon^{-1}$; ceci est une des propriétés fondamentales obtenues et utilisées par M. Birkhoff].

II. Appelons distance angulaire de deux points [ou $\Theta(P, Q)$] P et Q par rapport à un arc simple $\Gamma$ étranger à la courbe, l'argument de $z_P : z_Q$ compté le long de $\Gamma$ : pour deux points P et Q de $\mathcal{C}$, $\Theta(P, Q)$ a exactement deux valeurs $\Theta_1$ et $\Theta_2$ avec

$$|\Theta_1 - \Theta_2| = 2\pi.$$

Nous appellerons courbe A un arc simple atteignant un point P accessible de l'intérieur de $\mathcal{C}$ et réduit à sa partie comprise entre P et son pre-

---

[1] *Bulletin de la Société mathématique de France*, 60, I, II, 1932, p. 1.

[2] Tout point intérieur à la courbe est accessible de O par une courbe régulièrement tournée à gauche, c'est-à-dire dont la tangente en un point P fait avec la direction radiale OP un angle $> d > 0$, $d$ étant fixe, sauf peut-être à son extrémité.

mier point (à partir de P) avec $\mathcal{K}$; en appelant M la borne supérieure des distances angulaires de deux points d'une même courbe $\Lambda$, pour l'ensemble des courbes $\Lambda$, on a

$$\Theta(P, Q) < 2M + 2\pi.$$

Pour les points accessibles de l'extérieur, on a de façon analogue

$$\Theta(P, Q) < 2N + 2\pi$$

avec

$$M = N.$$

Cette borne supérieure de $\Theta(P, Q)$ nous donne la borne supérieure de la différence des arguments des deux points P et Q lorsqu'ils sont soumis aux transformations successives $T_\varepsilon$, $T_\varepsilon^2$, $T_\varepsilon^3$, ... nous obtenons pour un point quelconque accessible de l'intérieur

$$\lim_{k \succ \infty} \frac{\theta_k - \theta}{k} = 2\pi m$$

et l'on démontre que ce coefficient a précisément la valeur de $\tau_i$. On a alors pour un point accessible de l'intérieur

$$2k\pi\tau_i - 2M - 2\pi \leqq \theta_k - \theta \leqq 2k\pi\tau_i + 2M + 2\pi$$

et pour un point accessible de l'extérieur

$$2k\pi\tau_e - 2N - 2\pi \leqq \theta_k - \theta \leqq 2k\pi\tau_e + 2N + 2\pi.$$

Dans ces conditions on aura pour deux points, l'un accessible de l'intérieur, l'autre de l'extérieur, choisis assez voisins pour que la distance de leurs transformés par $T_\varepsilon^k$ ne dépasse pas $\eta > 0$, $\eta$ pouvant être arbitrairement petit :

$$|k| \leqq \frac{M + N + 2\pi}{\pi(\tau_e - \tau_i)} + \eta.$$

Comme $(\tau_e - \tau_i)$ n'est pas nul par hypothèse et que $k$ ne peut être borné il en résulte que M *et* N *ne sont pas bornés*, il vient :

*Quand* $\tau_e - \tau_i \neq 0$ *pour tout nombre positif* $\rho$, *il existe toujours une courbe* $\Lambda$ *faisant au moins* $\rho$ *circuits autour de l'origine.*

III. Tout domaine partiel du domaine intérieur à la courbe $\mathcal{C}$ doit avoir pour frontière toute la courbe quand il contient toujours une courbe $\Lambda$ faisant au moins $\rho$ circuits autour de O quel que soit $\rho$.

En étudiant l'ensemble des transversales formées par les intervalles

découpés sur un rayon par toutes les A issues d'un même intervalle $\delta$ de $\mathcal{H}$, on trouve deux cas possibles :

*a.* il existe au moins un bout premier ([3]) de troisième espèce contenant toute la courbe;

*b.* il existe au moins un bout premier de deuxième ou de quatrième espèce contenant toute la courbe.

Il vient alors :

*Une courbe de M. Birkhoff est un continu indécomposable.*

Dans le cas *a*, ceci découle immédiatement des résultats antérieurs ([2]), et même dans le cas *b* où, en général, $\mathcal{C}$ pourrait être formée soit d'un, soit de deux continus indécomposables, la seconde alternative doit être écartée.

## ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le continu linéaire.* Note de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Hadamard.

E désigne un ensemble ordonné, F, $E_a$... des sous-ensembles, $a, x$... des éléments de E ([3]). $\varphi$ étant une condition quelconque, $\underset{x}{\mathrm{E}}\,\varphi(x)$ désignera l'ensemble des $x$ qui vérifient $\varphi$ ([4]). Pour $a$ donné, les ensembles $(.<a)=\underset{x}{\mathrm{E}}(x<a)$ et $(a<.)=\underset{x}{\mathrm{E}}(a<x)$ s'appellent le *pseudo-intervalle gauche a* et le *pseudo-intervalle droit a*. Pour $a<b$ donnés, les ensembles $(ab)=\underset{x}{\mathrm{E}}(x<x<b)$, $[ab]=\underset{x}{\mathrm{E}}(a\leq x\leq b)$ s'appellent *l'intervalle* et le *segment ab* ([5]). Si E n'a ni premier ni dernier élément, il est *illimité*; dans le cas contraire, *limité* ([6]). Si E est homéomorphe à n'importe lequel de ses intervalles, il est dit *homogène*. Des $E_a$ disjoints et $F \ni a$ étant donnés, la *somme* $\sum_{F} E_a$ est l'ensemble des points des $E_a$ ordonnés de la façon que les points d'un même $E_a$ gardent leur ordre relatif et $E_a \lesseqgtr E_b$ si $a \lesseqgtr b$. Le *produit* (combinatoire) $A\times B$ est l'en-

---

([1]) C. Carathéodory, *Mathematische Annalen*, 73, 1912, p. 323.

([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1195.

([3]) Pour la définition des ensembles ordonnés, voir F. Hausdorff, *Gr. d. Mengenlehre*, Leipzig, 1914, p. 69 et suiv.; C. Kuratowski, *Fund. Math.*, 2, 1921, p. 161; A. Fraenkel, *J. für Math.*, 155, 1926, p. 129.

([4]) Voir C. Kuratowski, *Topologie*, 1, p. 3, Warszawa, 1933.

([5]) Voir A. Denjoy, *Journal de Math.*, 1, 1915, p. 106; $a<b$ signifie : $a$ précède $b$.

([6]) Les expressions : E est limité du côté gauche et illimité du côté droit et vice versa, s'entendent d'elles-mêmes. Aussi des demi-segments $(ab]$ et $[ab)$.

semble des couples $(ba)$, $a \varepsilon A$, $b \varepsilon B$ ordonnés par le principe des *premières* différences. E est dit *développable suivant son sous-ensemble* F si $E = \sum_F E_a$, $a \varepsilon F$, $E_a \ni a$, $E_a E_b = 0$ pour $a \lessgtr b$. Si E n'est pas un produit (combinatoire) de deux sous-ensembles *continus*, il est dit *indécomposable* (par multiplication) ([1]).

I. *Théorème de développement des continus.* — Pour qu'un continu E soit développable suivant son sous-ensemble F, *il faut et il suffit* que F soit sans lacunes et *ou bien* limité, *ou bien* coextensif avec E du côté (des côtés) où E est illimité ([2]). Dans le cas où F est en outre continu, le développement $E = \sum_F E_a$ est unique; les termes $E_a$ sont des segments de E parmi lesquels interviennent au plus deux pseudo-segments, l'un gauche, l'autre droit; chacun des $E_a$ peut se réduire à un seul point $a$.

II. *Théorèmes sur des continus homogènes.* — Pour qu'un coutinu soit homogène, *il faut et il suffit* que son type topologique $\mu$ soit tel que $1 + \mu + 1 = \vartheta^{(\omega^\alpha)^*}$, $0 \leqq \alpha < \omega_1 \equiv \Omega$; le nombre ordinal $\alpha$ est uniquement déterminé par $\mu$ ([3]).

III. *Théorème sur le continu linéaire ou sur l'arc « ouvert » de Jordan.* — Soient $A^i (i = 1 \ldots 7)$ les propositions logiques suivantes :

$A^1$ : 1° E est continu; 2° E est homogène; 3° E est indécomposable;

$A^2$ : 1° E est continu; 2° E est illimité; 3° E est irréductible ([4]);

$A^3$ : 1° E est continu; 2° E est illimité; 3° toute famille d'intervalles disjoints de E est au plus dénombrable;

---

([1]) Pour définitions des termes : dense, F dense dans E, continu, lacune, voir Hausdorff, *loc. cit.*, p. 474, et W. Sierpinski, *Les nombres transfinis*, Paris, 1928, Chap. VII. Les types $\lambda$, $1 + \lambda$, $\lambda + 1$ et $\vartheta \equiv 1 + \lambda + 1$ sont les types topologiques des ensembles $(0, 1)$, $[0, 1)$, $(0, 1]$ et $[0, 1]$ dans l'ensemble des nombres réels; ils sont dits aussi les types topologiques *linéaires*, d'autres sont *non linéaires*. En général, si $\mu$ est un type topologique illimité, nous dirons que les types $\mu$, $1 + \mu$, $\mu + 1$ et $1 + \mu + 1$ ne sont pas *essentiellement distincts*.

([2]) F est coextensif avec E du côté droit (gauche) si après (avant) tout point de E il y a au moins un point de F et *vice versa* (voir Hausdorff, *loc. cit.*, p. 89).

([3]) $\beta$ étant un nombre ordinal donné, $\vartheta^{\beta^*}$ est le type top. de l'ensemble des complexes $(a_1 a_2 \ldots a_\xi \ldots)$, $a_\xi$ parcourant $[0, 1]$ et $\xi$ parcourant le type $\beta$, les complexes étant ordonnés par le principe des premières différences. Le résultat que les $\vartheta^{(\omega^\alpha)^*}$ sont des continus homogènes différents pour $\alpha < \omega_1$ est dû à M. Hausdorff (voir *Ber. Math. Phys. Kl. d. Ges. d. Wiss. zu Leipzig*, 58, 1906, p. 143).

([4]) Un ensemble ordonné E est dit *irréductible* s'il ne contient aucun *sous-continu* dont le type topologique est essentiellement distinct de celui de E [voir ([1])].

$A^4$ : 1° E est continu; 2° E est illimité; 3° E est parfaitement séparable (¹).

$A^5$ : 1° E est continu; 2° E est illimité; 3° E est distanciable (²);

$A^6$ : 1° E est connexe; 2° E est illimité; 3° E est distanciable;

$A^7$ : 1° E est dense; 2° E est illimité; 3° E est distanciable; 4° E est complet; pour $i$ fixe les conditions contenues dans $A^i$ sont indépendantes entre elles. Toutes ces propositions $A^i$ sont équivalentes entre elles et chacune est à la fois nécessaire et suffisante pour que E soit homéomorphe avec l'ensemble des nombres réels.

L'inclusion $A^3 \rightarrow A^4$ donne la solution (affirmative) d'un problème de Souslin (³).

Corollaire. — L'hypothèse de continu $2^{\aleph_0} = \aleph_1$ équivaut à chacune des propositions :

$\alpha$. il n'existe aucun continu *homogène* ayant la puissance $> \aleph_1$;

$\beta$. pour tout continu non linéaire E, il existe au moins un développement $E = \sum_F E_a$ tel que l'ensemble des termes $E_a \neq a$ possède la puissance du continu (⁴).

Théorème. — Si $2^{\aleph_0} > \aleph_\gamma$, $\tau\gamma = \omega_0$, alors $\aleph_\alpha^{\aleph_0} < \aleph_{\alpha+\gamma}$ pour tout $\alpha$ (⁵).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le théorème d'identité pour les fonctions holomorphes de plusieurs variables.* Note de M. T. **Viola**, présentée par M. Hadamard.

Il est bien connu que le théorème d'identité ne peut pas être énoncé pour une fonction holomorphe $f(z_1, z_2, \ldots, z_k)$ d'un nombre $k(>1)$ de variables complexes, de la même façon que pour les fonctions d'une seule variable :

---

(¹) Voir M. Fréchet, *Les espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 188. On peut prouver, *a posteriori*, que la famille envisagée de « voisinages » est *équivalente* (Fréchet, *loc. cit.*, p. 173) avec une famille dénombrable de segments de E, tout segment étant considéré comme voisinage de n'importe quel point qui lui appartient.

(²) C'est-à-dire E peut être considéré comme un espace $(\mathcal{D})$ de M. Fréchet (voir Fréchet, *loc. cit.*, p. 61 et 219); par conséquent, les termes : connexe et complet sont parfaitement définis (voir Fréchet, *loc. cit.*, p. 74 et 175).

(³) Voir W. Sierpinski, *loc. cit.*, 5, p. 153.

(⁴) Nous ne savons pas ce qu'on peut prendre dans le cas où E est en outre limité, F tel que son type topologique soit $\mathfrak{I} \equiv 1 + \lambda + 1$.

(⁵) C'est une généralisation d'un résultat de notre Note des *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1276, où l'on trouvera aussi la signification de $\tau\gamma = \omega_0$.

c'est-à-dire que l'on ne peut pas affirmer que si (E) est un ensemble infini quelconque de points de l'espace à $k$ dimensions, *toute* fonction $f(z_1, z_2, \ldots, z_k)$ qui s'annule en (E) et qui est régulière en un point limite de (E) est identiquement nulle. Mais l'équation

$$(1) \qquad f(z_1, z_2, \ldots, z_k) = 0$$

définit dans l'entourage du point limite $Z \equiv (z_1^0, z_2^0, \ldots, z_k^0)$, une variété analytique V à $k-1$ dimensions passant par $Z_0$, lequel est un point algébrique de V. Inversement, toute variété analytique semblable peut se représenter par une équation (1). Donc la condition nécessaire et suffisante qui doit être satisfaite pour l'ensemble (E) dans l'entourage du point limite pour que *toute fonction* $f(z_1, z_2, \ldots, z_k)$ régulière dans cet entourage et nulle aux points de (E) soit identiquement nulle, est qu'il n'existe aucune variété analytique V contenant (E), ayant en ce point limite un point algébrique. Par exemple, dans le cas particulier $k = 2$, on voit que, si les points de (E) se rapprochent de $(z_1^0, z_2^0)$ en suivant *une infinité de directions différentes* (une *direction* est individualisée par une *droite complexe* (ou *plan caractéristique*) passant par $(z_1^0, z_2^0)$, alors il n'existe aucune variété V passant par (E) ayant en $(z_1^0, z_2^0)$ un point algébrique [Montel (1)]. En effet, l'équation $f(z_1, z_2) = 0$ devrait représenter une courbe analytique, dont un nombre *fini* de branches passerait par $(z_1^0, z_2^0)$. La même conclusion est valable pour ($k > 2$) si les points de (E) se rapprochent de $(z_1^0, z_2^0, \ldots, z_k^0)$ en suivant une infinité de directions qui remplissent tout une surface conique non algébrique de sommet $(z_1^0, z_2^0, \ldots, z_k^0)$ (2).

On voit de même que *la condition suffisante énoncée par M. Montel, dans le cas $k = 2$, n'est pas une condition nécessaire.* Il suffit en effet de considérer une famille quelconque de courbes analytiques $\gamma_r (r = 1, 2, 3, \ldots)$ passant par un même point $(z_1^0, z_2^0)$ et ayant *la même tangente* en ce point. Choisissons, sur chaque $\gamma_r$, une suite quelconque $(E_r)$ de points tendant vers $(z_1^0, z_2^0)$.

---

(1) M. P. Montel a été le premier à poser et à traiter le problème de trouver un ensemble du type cherché. Voir ses *Leçons sur les familles normales de fonctions analytiques*, 1927, p. 246. Voir aussi C. Carathéodory, *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, 165, 1931, p. 180-183; B. Lévi, *Bollettino dell' Un. Mat. Ital.*, febbraio, 1934, p. 1.

(2) Voir, pour les fonctions harmoniques, G. Bouligand, *Fonctions harmoniques. Principes de Picard et de Dirichlet* (*Mém. des Sc. math.*, fasc. XI, 1926, p. 20),

L'ensemble $(E) = \sum_{r=1}^{\infty} (E_r)$ est tel que toute fonction analytique $f(z_1, z_2)$, régulière en $(z_1^0, z_2^0)$ et nulle aux points de (E), est identiquement nulle. Tel est par exemple l'ensemble que l'on obtient à partir du système (fini) de points

$$\left(\frac{1}{2^n}, \frac{1}{2^{2n+1}}\right), \quad \left(\frac{1}{2^n}, \frac{1}{2^{2n+2}}\right), \quad \left(\frac{1}{2^n}, \frac{1}{2^{2n+3}}\right), \quad \ldots, \quad \left(\frac{1}{2^n}, \frac{1}{2^{3n}}\right),$$

en posant successivement $n = 1, 2, 3, \ldots$. C'est une suite qui tend vers (0, 0) et qui est distribuée, de la façon décrite plus haut, sur les paraboles

$$z_2 = \frac{1}{2^r} z_1^2 \qquad (r = 1, 2, 3, \ldots),$$

pour chacune desquelles on a $(dz_2/dz_1)_0 = 0$. La fonction

$$f(z_1, z_2) = \sin \pi \frac{z_1^2}{z_1}$$

est nulle sur toutes ces paraboles, mais elle n'est pas régulière à l'origine, et l'ensemble de toutes ces paraboles ne forme pas une variété dont l'origine soit un point algébrique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Une propriété de la représentation conforme des bandes.* Note [1] de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Soit B la bande $|y| \leqq 1/2$ du plan de la variable complexe $z = x + yi$ et soit D un domaine du plan de la variable complexe $w = u + vi$, ayant les propriétés :

1° D est intérieur à la bande $|v| \leqq 1/2$;

2° D est limité par deux courbes de Jordan, une courbe supérieure $\Gamma_1$ et une courbe inférieure $\Gamma_2$, qui s'étendent du point à l'infini $u = -\infty$ au point à l'infini $u = +\infty$ de la bande $|v| \leqq 1/2$.

3° Si P et Q sont deux points de $\Gamma_1$ ou de $\Gamma_2$ ayant même abscisse $u$,

[1] Séance du 12 février 1934.

alors l'oscillation de $u$ sur l'arc fini PQ de $\Gamma_1$ (respectivement $\Gamma_2$) ne dépasse pas un nombre fixe $m$ [1].

Représentons D sur B au moyen d'une fonction holomorphe $w(z)$ tel que $u \to +\infty$ pour $x \to +\infty$. Soit $\lambda(x)$ la longueur de l'image dans D du segment vertical de B d'abscisse $x$. Je dis que

$$(1) \qquad \liminf_{x \to +\infty} \lambda(x) \leqq 1 \ [2].$$

Pour le démontrer posons $e^{\pi z} = z_1 = x_1 + iy$, et $e^{\pi w} = w_1 = u_1 + iv_1$. En vertu de l'hypothèse 1° $w_1(z_1)$ est une fonction holomorphe et à partie réelle positive pour $x_1 > 0$. Donc pour $x_1 > 0$, $y_1 = 0$, on a

$$\left|\frac{dw_1}{dz_1}\right| \leqq \frac{u_1}{x_1} \leqq \frac{|w_1|}{x_1} = \left|\frac{w_1}{z_1}\right| \ [3], \qquad \text{d'où} \qquad \left|\frac{d\log w_1}{d\log z_1}\right| \leqq 1.$$

Pour la fonction $w(z)$ nous trouvons ainsi

$$\left|\frac{dw}{dz}\right| \leqq 1 \qquad \text{en tout point de la droite } y = 0.$$

Si donc nous supposons que $w(0) = 0$, ce qui ne nuit pas à la généralité, nous avons l'inégalité

$$(2) \qquad |w(a)| \leqq a \qquad \text{pour } a > 0.$$

L'intégrale, étendue au rectangle $R(0 \leqq x \leqq a, |y| \leqq 1/2)$,

$$(3) \qquad I(a) = \int\int_R \left|\frac{dw}{dx}\right|^2 dx\,dy,$$

représente l'aire de l'image de R dans D. Des hypothèses 1°, 2°, 3° et de l'inégalité (2) il résulte que

$$(4) \qquad I(a) \leqq a + \lambda(a) + 4m + \lambda(0).$$

D'autre part, on a

$$\lambda^2(x) = \left(\int_{x-\frac{i}{2}}^{x+\frac{i}{2}} \left|\frac{dw}{dz}\right| dy\right)^2 \leqq \int_{x-\frac{i}{2}}^{x+\frac{i}{2}} \left|\frac{dw}{dz}\right|^2 dy.$$

---

(1) M. S. Warschawski a obtenu des résultats importants moyennant l'hypothèse 3°. Voir par exemple *Math. Zeitschrift*, 35, 1932, p. 355, 361, 369, etc.

(2) En supposant que $\Gamma_1$ et $\Gamma_2$ ont les droites $y = 1/2$ et $y = -1/2$ pour asymptotes je déduirai un autre résultat dans la deuxième livraison de *Compositio Mathematica* à paraître.

(3) Voir, par exemple, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 500.

donc

$$\int_0^a \lambda^2\, dx \leqq \mathrm{I}(a). \tag{5}$$

De (4) et (5) on tire que, pour $x > 0$,

$$\int_0^x \lambda^2\, dx \leqq \lambda(x) + x + b, \tag{6}$$

$b$ étant une constante.

Admettons pour un instant que (1) soit en faute. Alors $\lambda^2 >$ nombre fixe $\mu > 1$ pour $x$ assez grand. Posons

$$z = \int_0^x (\lambda^2 - 1)\, dx - b. \tag{7}$$

Pour $x$ assez grand on a

$$z \geqq \frac{\mu - 1}{2} x \to \infty \tag{8}$$

et en outre presque partout

$$\frac{dz}{dx} = \lambda^2 - 1 > \mu - 1 > 0. \tag{9}$$

De (6), (8) et (9) on conclut que, pour $x$ assez grand, presque partout

$$z^2 \leqq \frac{dz}{dx} + 1, \qquad \frac{dz/dx}{z^2 - 1} \geqq 1,$$

donc

$$\log(z - 1) - \log(z + 1) - 2x \quad \text{croît avec } x.$$

Donc $(z - 1)(z + 1)^{-1} \to +\infty$, en contradiction avec (8), ce qui démontre (1).

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un changement de régime dans l'écoulement de l'air autour d'une maquette d'aile d'avion.* Note de M. A. **Martinot-Lagarde**, présentée par M. Ch. Maurain.

Continuant les expériences que j'avais commencées avec une soufflerie aérodynamique, sur les mouvements à deux dimensions [1], j'ai étudié les limites de deux régimes d'écoulement de l'air autour d'un obstacle cylindrique, ayant un profil d'aile d'avion.

---

[1] A. Martinot-Lagarde, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1596.

Les essais ont consisté principalement à observer les filets d'air par la méthode des lames d'air chaud (*loc. cit.*), et à mesurer la pression totale au voisinage de l'obstacle.

A vitesse constante, on sait qu'aux angles de portance petits, qui correspondent au vol normal d'un avion, les filets d'air contigus en amont, et que sépare une aile, suivent ensuite de près le profil de l'aile, dos et ventre; il n'y a sensiblement aucun arc du profil le long duquel le mouvement de l'air soit orienté en sens inverse du mouvement amont. La pression totale est, au droit de l'aile, égale à la pression totale amont, sauf dans un espace formant une gaine mince autour de l'aile.

Si l'angle de portance augmente, les filets s'incurvent d'abord de plus en plus et continuent à suivre sensiblement le profil; puis, pour certaines ailes, les filets s'écartent progressivement du dos du profil.

Pour d'autres ailes au contraire, à un certain angle d'incidence, la gaine, où la pression totale est inférieure à la pression totale amont, se dilate brusquement sur le dos du profil. Les filets d'air s'en détachent vers le premier quart de la profondeur de l'aile et se redressent : deux filets, contigus en amont, et séparés par le profil, se trouvent au droit du bord de fuite séparés par un intervalle supérieur à la projection du profil sur un plan transversal. L'écoulement est plus turbulent du côté du dos : les lignes noires du spectre d'air chaud s'agitent sans cesse, elles ne sont nettes que sur une longueur plus petite.

Pour ces ailes il existe ainsi deux régimes d'écoulement distincts; je les appellerai ici premier et deuxième régimes. Après avoir vérifié les points précédents, j'ai fait les remarques suivantes :

1° Appelons régime *stable* un régime qui se rétablit après qu'on a créé en amont du collecteur de la soufflerie un remous par oscillation d'une plaque. Pour un angle de portance donné, le premier régime est stable seulement lorsque la vitesse est supérieure à une vitesse critique, le deuxième est stable lorsque la vitesse est inférieure à cette vitesse critique.

Cette vitesse critique croît avec l'angle de portance.

2° Si l'on diminue lentement la vitesse, on peut descendre en dessous de la vitesse critique en conservant le premier régime; mais un remous artificiel suffit à déclencher le changement de régime, changement qui est accompagné d'une diminution brusque de portance.

D'une façon analogue, si l'on augmente lentement la vitesse, on peut dépasser la vitesse critique en conservant le deuxième régime et un remous fait passer au premier régime.

Donc pour tel angle de portance dans un certain intervalle de vitesses, on peut réaliser autour d'une aile deux régimes d'écoulement, l'un des régimes étant stable et l'autre métastable.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les trajectoires permettant d'approcher d'un corps attractif central, à partir d'une orbite keplérienne donnée.* Note (1) de M. **Ary J. Sternfeld**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Un des problèmes les plus importants de la navigation interplanétaire consiste à établir pour la fusée un trajet dans lequel la somme des impulsions à mettre en jeu soit aussi petite que possible.

On sait qu'étant donné un corps gravitant sur une orbite circulaire autour d'un astre, l'impulsion initiale et unique à lui donner pour que sa nouvelle trajectoire passe par un point choisi quelconque du plan de l'orbite est minimum lorsque l'impulsion est donnée suivant la tangente à l'orbite.

En dehors de cette solution, il en existe une autre, plus intéressante pour certaines trajectoires d'approche de l'astre central. Elle consiste à imposer au corps devant passer, en partant de l'orbite à rayon $r_p$ (*fig.* 1), à une distance de l'astre $r_\pi < r_p$, un mouvement tel qu'au lieu de suivre la trajectoire classique (C), il s'éloigne d'abord du centre de l'orbite jusqu'à une certaine distance $r_\alpha$, pour se diriger seulement ensuite vers le cercle de rayon $r_\pi$(2).

Notre solution devient avantageuse dès que la quantité de mouvement exigée par la méthode classique est supérieure à celle nécessaire pour s'éloigner à l'infini, soit dès que

$$r_\pi < \frac{\sqrt{2}-1}{2} r_p.$$

Pour une trajectoire composée de deux demi-ellipes, il faudrait donc imprimer au corps, au départ, une vitesse dirigée dans le sens de son mouvement de révolution et égale à

$$v_0 = \sqrt{w_c^2\left(\sqrt{\frac{2r_\alpha}{r_\alpha + r_p}} - 1\right)^2 + v_p^2},$$

(1) Séance du 12 février 1934.

(2) Pour la détermination de la trajectoire cf. Ary J. Sternfeld, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 333.

où $w_c$ signifie la vitesse circulaire de l'astre sur son orbite et $v_p$ la vitesse parabolique de l'astre secondaire.

A l'aphélie, par contre, il faudrait diminuer la vitesse du mobile de

$$v_\alpha = w_c\sqrt{\frac{r_p}{r_\alpha}}\left(\sqrt{\frac{2r_\pi}{r_\alpha + r_\pi}} - \sqrt{\frac{2r_p}{r_\alpha + r_p}}\right).$$

Si le corps n'est soumis qu'à l'attraction de l'astre central, tout éloi-

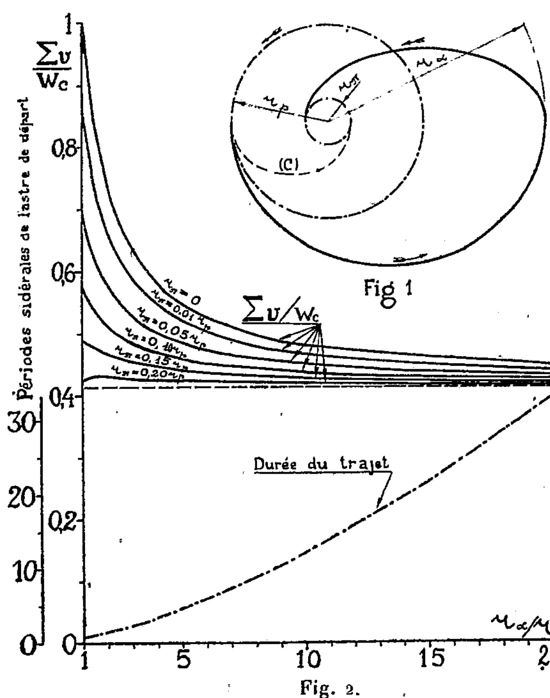



Fig. 2.

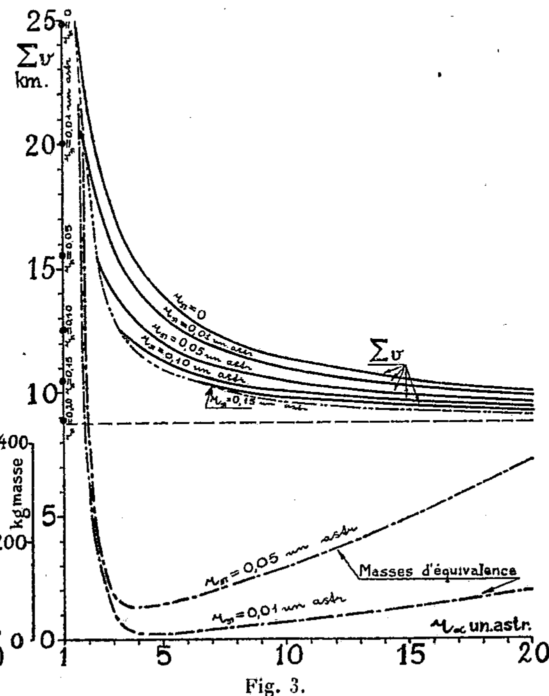



Fig. 3.

gnement préliminaire suivant une demi-ellipse apporte généralement une économie totale d'impulsion. Cependant, si le corps se trouve en outre dans un champ gravitant secondaire, la somme des impulsions n'est inférieure au minimum prévu par la méthode classique qu'à partir d'un $r_\alpha$ suffisamment grand.

La figure 2 donne la somme des vitesses à imprimer au mobile et le temps total pour arriver à des distances différentes de l'astre dont le champ d'attraction seul a été pris en considération.

La figure 3 représente la somme des vitesses qu'il faut imprimer à un corps effectuant une révolution circulaire autour de la Terre dans le plan de l'écliptique, à 200[km] au-dessus du sol, pour qu'il aille dans les régions solaires.

Dans les deux calculs, la méthode classique n'est que le cas particulier de $r_\alpha/r_p = 1$.

Nous voyons que la somme des impulsions est de cette façon notablement diminuée. Ainsi par exemple lorsque les vitesses sont imprimées à l'aide d'un système à fusée dans lequel la vitesse d'éjection des gaz égalerait même 4 km/sec, le rapport de la masse initiale à la masse finale aurait dans la méthode classique des valeurs par exemple 45 et 17 fois plus grandes pour $r_\pi = 0$ et $r_\pi = 0,01$ unité astronomique que dans notre méthode.

Si le véhicule doit emporter des provisions, proportionnelles à la durée du parcours, la masse initiale devra être évidemment supérieure à celle qu'on obtiendrait par la solution classique; la somme des deux impulsions imparties est pourtant moindre. Ce n'est donc que dans le cas où la masse utile du véhicule dépasse une certaine valeur que le mobile, parcourant la trajectoire proposée, nécessitera, avant le départ, une masse moindre que dans celui d'une trajectoire directe vers le but. Sur la figure 3 on a encore représenté cette masse d'équivalence, en fonction de $r_\alpha$, en admettant des provisions journalières de 0,13 kg/ masse. Nous obtenons ainsi des résultats intéressants : même lorsque la masse utile n'est que $100^{kg}$, les véhicules se rendant à $r_\pi = 0,05$ et $r_\pi = 0,01$ unité astronomique seront déjà plus légers au moment de départ, malgré l'importance des provisions emportées, s'ils passent les uns par les orbites de Mars et de Jupiter, les autres par celles-ci et l'orbite d'Uranus en plus.

Des trajectoires indirectes formées par des arcs de coniques raccordés sous des angles faibles peuvent dans certains cas présenter un intérêt encore supérieur aux trajectoires à arcs d'ellipses se raccordant tangentiellement et qui font l'objet de la présente Note.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations de Dirac du second ordre.* Note de M. **J. Géhéniau**, présentée par M. L. de Broglie.

1. On sait que toute solution des équations de Dirac [1]

$$\sum_{\mu=1}^{4} \gamma^\mu \pi_\mu \psi = -im_0 c\psi \qquad (1)$$

[1] Pour les notations, voir L. DE BROGLIE, *L'électron magnétique*, Hermann et C^ie, éd., 1934, p. 150.

satisfait au système d'équations du second ordre

$$(2)\qquad \left[\sum_{\mu=1}^{4}\pi_\mu^2+m_0^2c^2+\frac{1}{2}\frac{eh}{2\pi c}\sum_{\mu=1}^{4}\sum_{\nu=1}^{4}(i\gamma^\mu\gamma^\nu)F_{\mu\nu}\right]\psi=0,$$

où

$$x^4=ict,\qquad F_{4j}=-F_{j4}=ih_j,\qquad F_{23}=-F_{32}=H_x,\qquad \ldots\qquad (j=1,2,3).$$

La réciproque n'est pas vraie. Mais on peut démontrer le *théorème* suivant : *le système* (2) *est équivalent au système des huit équations*

$$(3)\qquad \begin{cases} (a) & \sum_{\mu=1}^{4}\gamma^\mu\pi_\mu\psi=-im_0c\chi,\\ (b) & \sum_{\mu=1}^{4}\gamma^\mu\pi_\mu\chi=-im_0c\psi.\end{cases}$$

Toute solution $\psi'_1, \ldots, \psi'_4$ du système (2) fournit une solution $\psi'_1, \ldots, \chi'_4$ du système (3); $\chi'_1, \ldots, \chi'_4$ sont données par (3, $a$) où l'on doit remplacer $\psi_1, \ldots, \psi_4$ par $\psi'_1, \ldots, \psi'_4$. Inversement, toute solution $\psi'_1, \ldots, \psi'_4$ du système (3) fournit une solution $\psi'_1, \ldots, \psi'_4$ du système (2); pour le voir, il suffit de remplacer, dans (3, $b$), $\chi$ par sa valeur tirée de (3, $a$).

*Remarques.* — *a*. Si $\psi'_1, \ldots, \psi'_4$ est une solution des équations de Dirac (1), il lui correspond une solution du système (3) pour laquelle on a

$$(4)\qquad \psi'_1=\chi'_1,\qquad \ldots\qquad \psi'_4=\chi'_4.$$

*b*. Posons

$$(5)\qquad \chi=\beta\psi,\qquad \text{c'est-à-dire}\qquad \chi_\mu=\sum_{\lambda=1}^{4}b_\mu^\lambda\psi_\lambda,$$

où $\beta$ est une matrice constante à déterminer, qui aura, par hypothèse, un seul terme non nul sur chaque ligne. Le système (3) devient alors

$$(6)\qquad \begin{cases} (a) & \sum_{\mu=1}^{4}\gamma^\mu\pi_\mu\psi=-im_0c\beta\psi,\\ (b) & \sum_{\mu=1}^{4}\gamma^\mu\pi_\mu(\beta\psi)=-im_0c\psi.\end{cases}$$

Soit $b_\mu^\lambda$ un terme non nul de la matrice $\beta$. On verra que, *pour que le sys-*

*tème* (6, *b*) *soit équivalent au système* (6, *a*), *il faut et il suffit qu'on ait*

(7) $$b_{\mu}^{\cdot\lambda}.b_{\lambda}^{\cdot\mu}=1;$$

on pourra donc prendre, en particulier, pour $\pm\beta$, une quelconque des 16 matrices hermitiques fondamentales de la théorie de Dirac.

2. *Courant d'Univers.* — Posons

(8) $$C^{\mu}\equiv\frac{-iec}{2}(\psi^{*}\gamma^{4}\gamma^{\mu}\chi+\chi^{*}\chi^{4}\chi^{\mu}\psi).$$

Théorème. — *On a, en vertu des équations* (3),

(9) $$\sum_{\mu=1}^{4}\frac{\partial C^{\mu}}{\partial x^{\mu}}=0.$$

Esquissons la démonstration. Par des transformations faciles, on déduira, de (3), les relations suivantes :

(10) $$-\frac{h}{2\pi i}\left[\sum_{j=1}^{3}\frac{\partial}{\partial x^{j}}(\chi^{*}\gamma^{4}\gamma^{j}\psi)+\frac{\partial}{\partial x^{4}}(\chi^{*}\psi)\right]=-im_{0}c(\chi^{*}\gamma^{4}\chi-\psi^{*}\gamma^{4}\psi).$$

(11) $$-\frac{h}{2\pi i}\left[\sum_{j=1}^{3}\frac{\partial}{\partial x^{j}}(\psi^{*}\gamma^{4}\gamma^{j}\chi)+\frac{\partial}{\partial x^{4}}(\psi^{*}\chi)\right]=-im_{0}c(\psi^{*}\gamma^{4}\psi-\chi^{*}\gamma^{4}\chi).$$

La démonstration s'achève en ajoutant (10) et (11) membre à membre.

*Remarques.* — *a.* Nous n'avons utilisé que les propriétés suivantes des matrices $\gamma^{\mu}$

$$(\gamma^{\mu})^{2}=1,\qquad \gamma^{\mu}\gamma^{\nu}+\gamma^{\nu}\gamma^{\mu}=0\quad\text{pour}\quad \mu\neq\nu.$$

*b.* Dans le cas où la solution considérée est du type (4), l'expression (8) devient

$$C^{\mu}=-iec\psi^{*}\gamma^{4}\gamma^{\mu}\psi,$$

ce qui est la densité de valeur moyenne du courant d'univers dans la théorie de Dirac.

*c.* Les considérations développées dans le paragraphe 1 s'appliquent également à l'étude du corpuscule de lumière; il suffit d'y remplacer $\pi_{\mu}$ par $-h/2\pi i\,\partial/\partial x^{\mu}$ et $m_0$ par $\mu_0$, ceci conformément aux idées exposées par M. L. de Broglie dans différentes Notes [1]. Remarquons que le système (3)

(1) Voir notamment *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 135.

renferme, d'une façon tout à fait symétrique, deux groupes de fonctions $\psi_1, \ldots, \psi_4$ et $\chi_1, \ldots, \chi_4$; ceci est peut-être à rapprocher du fait que, selon les théories récentes, le photon serait formé de deux constituants symétriques (¹).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une théorie de quantification de la matière.* Note de M. **L. Goldstein**, présentée par M. L. de Broglie.

La théorie des quanta relativiste actuelle n'est capable de décrire le comportement de corpuscules neutres de masse au repos finie que s'ils possèdent un moment cinétique intrinsèque unique égal à $h/4\pi$, conformément à notre théorème I et à son corollaire (²). De même dans la description du comportement des charges électriques cette théorie se limite aux seules charges qui possèdent un moment cinétique intrinsèque unique $h/4\pi$ et, en outre, pour une charge $e$, en valeur absolue, un moment magnétique intrinsèque unique $eh/4\pi mc$, conformément à notre théorème II et à son corollaire (³).

Cette limitation fondamentale de la théorie est équivalente à une *première quantification* de la matière. Nous voudrions montrer ici cette équivalence dont les conséquences s'affirment importantes.

Considérons pour cela, d'abord, la théorie des quanta non relativiste. L'équation fondamentale de cette théorie s'obtient en partant de l'équation de Hamilton

$$H(p, q, t) - W = 0. \quad (1)$$

On introduit ici la constante de Planck $h$ en vue d'obtenir l'équation des ondes de de Broglie $\psi(q, t)$ associées au mobile dont l'énergie est donnée par (1), la fonction $\psi$ étant soumise à certaines conditions bien connues. On est ainsi amené à l'équation

$$[H(p, q, t) - W]\psi(q, t) = 0. \quad (2)$$

L'équation classique (1) est supposée valable pour tous les corpuscules, toutes les masses. L'équation (2), conforme aux principes quantiques,

---

(¹) *Loc. cit.*
(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 454.
(³) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 549.

reste encore valable pour le *même ensemble* de mobiles qui ont leur énergie définie par (1), mais *l'infinité continue de mouvements* exprimée par (1) se trouve être *restreinte* par (2). Celui-ci avec les conditions imposées à la fonction $\psi$ précise, du point de vue analytique, compte tenu des relations de de Broglie, le premier postulat de Bohr qui exprime la *restriction des mouvements classiques*. Les considérations analytiques attachées à (2) et son interprétation ne touchent en rien à la *nature* des mobiles, à l'infinité continue des masses qui subissent cette *restriction* ou *quantification mécanique* comprise en (2).

Il est clair que ceci reste encore vrai pour les mobiles chargés d'électricité dont l'énergie, en théorie classique, peut se ramener toujours à la forme (1) et, la quantification (2) est ici aussi une quantification mécanique valable pour la même infinité de charges électriques que (1).

La base classique d'une théorie relativiste des quanta peut être considérée comme fournie par l'équation fondamentale

$$\Omega^2 = \frac{W^2}{c^2} - \sum_{i}^{3} p_i^2 - m^2c^2 = 0 \tag{3}$$

associée à un mobile de masse au repos $m$, pouvant prendre une infinité continue de valeurs, et d'impulsion d'Univers $(\vec{p},\ W/c)$ susceptible également d'une infinité continue de valeurs. Pour obtenir une équation d'onde conforme aux principes énoncés dans le théorème I on doit réduire l'expression quadratique $\Omega^2$, en les expressions linéaires $\Omega^+$ et $\Omega^-$, suivant

$$\Omega^2 = \left(\frac{W}{c} + \sum_{i}^{3} \alpha_i p_i + \alpha_4 mc\right)\left(\frac{W}{c} - \Sigma \alpha_i p_i - \alpha_4 mc\right) = \Omega^+\Omega^- \,|= \Omega^-\Omega^+|. \tag{4}$$

L'équation d'onde associée aux mobiles dont l'énergie est définie par (3) est, laissant de côté l'ambiguïté due à $\Omega^-$,

$$\Omega^+\psi_+(x_i, t) = 0. \tag{5}$$

La réduction de $\Omega^2$ suivant (4), qui a une *correspondance* définie à la théorie semi-empirique des moments cinétiques intrinsèques de Pauli, est unique; elle est assurée par les seules matrices $\alpha_\mu$ ($\mu = 1, 2, 3, 4$) ou celles qui s'en déduisent par des généralisations que nous ne pouvons pas donner ici. Inversement, quelle que soit la forme des grandeurs assurant la réduction de $\Omega^2$, conformément à la correspondance indiquée, elles doivent pouvoir

être réduites aux formes élémentaires supposées données en (4). D'après nos théorèmes et leurs corollaires, cette manière d'introduire $h$ dans la théorie de la relativité restreinte conduit à *octroyer* aux mobiles dont l'équation d'onde est (5) une propriété intrinsèque fondamentale unique interprétable comme un moment cinétique. En d'autres termes, le procédé de réduction (4), en restant conforme aux principes énoncés dans le théorème I, correspond à une *quantification mécanique*, la restriction des mouvements compatibles avec (5) étant analogue à la restriction des mouvements (1) effectuée par (2); cette quantification mécanique est complétée ici d'une nouvelle sorte de quantification qui restreint l'applicabilité de (5) aux seuls mobiles de masse au repos finie quelconque qui ont un moment cinétique intrinsèque unique $h/4\pi$. Il nous semble permis d'affirmer que le choix imposé par le procédé (4) à l'infinité continue des masses dont l'énergie est déterminée par (3) est équivalente à une première quantification *de la matière* qui se superpose à la quantification mécanique. Certes, on n'atteint pas ici la *masse*, mais une propriété intrinsèque de la masse et le nombre des masses pouvant être décrite dans leur comportement par (5) reste encore infini quoique d'un ordre d'infinité inférieur à l'ensemble des masses dont l'énergie est déterminée par (3).

Si l'on considère (3) comme définissant l'énergie de mobiles chargés d'électricité, la quantification précédente se précise, d'après le théorème II et son corollaire, par le fait que l'équation (5) ne s'applique qu'aux charges $e$, en valeur absolue, de moment cinétique intrinsèque $h/4\pi$ et de moment magnétique intrinsèque $eh/4\pi mc$. On peut donc dire ici aussi que le procédé de réduction (4) est équivalent à une quantification mécanique complétée par une première quantification de la *charge électrique*, puisque (5) se trouve être restreint aux seules charges de propriétés intrinsèques indiquées. Le procédé de quantification (4) n'atteint pas ici non plus la charge électrique elle-même, mais ses propriétés fondamentales intrinsèques.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une méthode de détermination des potentiels normaux.* Note de M^lle **M. Quintin**, présentée par M. Jean Perrin.

La détermination de l'activité d'une solution par la méthode électrométrique exige la connaissance de la force électromotrice (f. é. m) $E_0$ de la pile considérée pour une activité de la solution égale à l'unité (potentiel normal). Cette grandeur n'est pas directement accessible à l'expérience,

mais peut être atteinte : soit par l'étude d'une certaine fonction $E'_0$ des f. é. m. mesurées E et de la concentration $c$ et extrapolation pour $c = 0$ de la courbe $E'_0 = f(\sqrt{c})$ (méthode de Lewis); soit en calculant, pour toutes les concentrations étudiées, $E_0$ par une formule théorique contenant un paramètre variable et déterminant par tâtonnements la valeur de ce paramètre qui laisse $E_0$ indépendant de la concentration (méthode de La Mer). Cette dernière méthode ne conduit en général à un $E_0$ constant que dans une zone très restreinte de concentration, si bien que l'on peut avoir des doutes sur la validité de la formule utilisée; et celle de Lewis ne donne pas toujours un résultat certain, car l'extrapolation est faite à partir de la portion de courbe la moins bien déterminée (grandes dilutions) et qui souvent n'est même pas linéaire.

En principe, la détermination de $E_0$ peut être faite correctement si l'on choisit une fonction de E qui varie linéairement dans un domaine assez étendu, lorsque la concentration décroît. Ceci peut être réalisé par l'étude de la chaleur $\Delta H$ de la réaction réversible qui se produit pendant le passage du courant.

La f. é. m. E d'une pile sans transport est, à une température T et pour une concentration $c$ de l'électrolyte,

$$E = E_0 - \frac{\nu RT}{n\mathcal{F}} \operatorname{Log} cf,$$

$f$ désignant le coefficient d'activité de la solution.

La chaleur de la réaction à la concentration $c$ considérée est donnée par la formule de Gibbs-Helmholtz :

$$-\Delta H = n\mathcal{F}\left(E - T\frac{\partial E}{\partial T}\right).$$

Posons $E'_0 = E + (\nu RT/n\mathcal{F}) \operatorname{Log} c$, en différenciant par rapport à T et en négligeant la variation de la concentration avec la température, on obtient

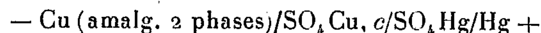
$$-\Delta H = n\mathcal{F}\left(E - T\frac{\partial E}{\partial T}\right) = n\mathcal{F}\left(E'_0 - T\frac{\partial E'_0}{\partial T}\right).$$

Lorsque $c$ tend vers zéro, $\Delta H$ tend vers une limite, $E'_0$ tend vers $E_0$. Donc

$$E_0 = -\frac{\lim |\Delta H|_{c=0}}{n\mathcal{F}} + T \lim \left|\frac{\partial E'_0}{\partial T}\right|_{c=0}.$$

Il suffit, pour avoir $E_0$ avec précision, que la détermination de ces deux valeurs limites se fasse sans ambiguïté.

C'est ce qui a lieu pour la chaîne



$$- \mathrm{Cu\,(amalg.\ 2\ phases)/SO_4Cu},\ c\mathrm{/SO_4Hg/Hg} +$$

que j'ai étudiée (¹) à différentes concentrations $c$ et à des températures comprises entre 0° et 46°,5. Pour chaque concentration la courbe représentant la variation de la f. é. m. E en fonction de la température T est une droite; le coefficient de température $\partial E/\partial T$ d'une pile donnée est donc une constante dont la détermination se fait sans incertitude. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de $\Delta H$ calculées à partir de ces données expérimentales par la formule de Gibbs-Helmholtz.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c$ (mol-g/litre).. | 0,525 | 0,105 | 0,02625 | 0,0105 | 0,00525 | 0,00105 | val. extrap. pour $c=0$ |
| $-\Delta H$ (cal/mol-g). | 22050 | 21890 | 21520 | 20520 | 19570 | 18830 | 18640 |

La courbe représentant les variations de $\Delta H$ en fonction de $c$ est très régulière et les trois points correspondant aux solutions les plus diluées sont rigoureusement en ligne droite; on peut donc, en prolongeant cette droite jusqu'à l'axe des ordonnées, obtenir par une extrapolation rigoureuse la valeur de la chaleur de réaction à dilution infinie.

D'autre part, j'ai trouvé que les courbes représentant, pour chaque concentration, les variations de $E'_0$ en fonction de T sont des droites parallèles de coefficient angulaire égal à 0,00050; $\partial E'_0/\partial T$ est donc indépendant de la concentration et sa valeur limite pour $c=0$ est égale évidemment à la valeur constante 0,00050.

Donc $E_0$ est parfaitement déterminé. On a :

$$E_0 = 0,4042 - 0,00050\,T. \qquad (1)$$

Ainsi que je l'ai déjà montré, la méthode de Lewis est inapplicable dans ce cas, et celle de La Mer ne donne de résultats que dans une zone de concentrations très restreinte ($0,005\,M < c < 0,01\,M$), les nombres obtenus dans ces conditions sont d'ailleurs très voisins des valeurs auxquelles conduit la formule (1).

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 473 et 538; *Journ. Chim. phys.*, **30**, 1933, p. 319.

OPTIQUE. — *Diffusion de la lumière et polymorphisme moléculaire.* Note de M. **René Lucas**, présentée par M. A. Cotton.

L'existence et le rôle du polymorphisme moléculaire de certaines molécules organiques a été mis en évidence lors de recherches relatives aux pouvoirs rotatoires, à l'absorption lumineuse et aux biréfringences électriques et magnétiques (¹).

Je me propose de montrer que cette propriété du polymorphisme qui appartient à différents composés (dérivés tartriques, succiniques, dérivés du camphre, etc.) peut également intervenir dans le phénomène de diffusion de la lumière par les fluides.

Les théories de la diffusion (²) donnent une bonne interprétation des faits en évaluant les actions optiques de petits éléments de volume de liquide, caractérisés par des valeurs différentes d'anisotropie optique (fluctuations en densité) et des valeurs inégales de densité (fluctuations en anisotropie). Dans les théories moléculaires relatives aux corps purs on suppose habituellement que les molécules faisant partie des éléments de volume sont des édifices identiques (à l'isotopie près).

Si, dans le liquide considéré, nous avons un équilibre entre molécules de diverses formes, douées de propriétés optiques différentes (réfractivité, anisotropie optique), les évaluations élémentaires rappelées ci-dessus sont incomplètes.

Il y a lieu, en outre, de tenir compte des fluctuations en proportions relatives des molécules de propriétés optiques différentes.

Il est dès lors certain que ce nouveau terme apportera une contribution dans le sens d'une augmentation de la valeur de la lumière diffusée vis-à-vis de celle d'un liquide dont les molécules sont identiques entre elles, d'une part, et dont les paramètres molaires (densité, compressibilité) et les paramètres moléculaires (réfractivité, anisotropie optique) seraient respectivement égaux aux paramètres *moyens* du mélange de molécules considérées — seuls accessibles à l'expérience (³).

---

(¹) R. Lucas, *Ann. de Phys.*, 9, 1928, p. 381; R. Lucas et M. Schwob, *Journ. de Phys.*, 7ᵉ série, 4, VI, p. 287-309.

(²) Voir J. Cabannes, *La diffusion moléculaire de la lumière*, Paris, Presses Universitaires, 1929.

(³) Le facteur d'anisotropie $6(1+\rho)/6-7\rho$ n'est plus valable dans le cas des mélanges.

*Le liquide constitué de molécules polymorphes diffusera plus de lumière que ne prévoient les théories.* Il serait particulièrement intéressant de vérifier ce résultat avec des molécules que l'on sait être polymorphes par l'étude des phénomènes rappelés au début de cette Note.

*Diffusion avec changement de longueur d'onde* (effet Raman). — La pluralité des structures doit se manifester par un spectre de Raman plus riche en raies que celui donné par un seul type de molécules. Les intensités relatives des raies qui correspondent aux diverses structures doivent se modifier avec les proportions des formes moléculaires distinctes. Comme pour les phénomènes rappelés au début de cette Note, on doit observer une influence de la température et des solvants qui peuvent déplacer les proportions des diverses formes moléculaires.

*Cas particulier du benzène.* — Il ressort de mesures récentes (¹) que ce corps a un coefficient de température de biréfringence magnétique anormalement petit vis-à-vis de celui prévu par la loi de Langevin.

D'autre part, certains solvants (²) modifient de manière notable sa biréfringence magnétique spécifique. Ces deux résultats s'expliquent bien par l'hypothèse du polymorphisme moléculaire.

D'autre part, il résulte de diverses mesures (³) que le benzène diffuse plus de lumière que n'indiquent les théories en accord avec les résultats fournis par d'autres liquides. Enfin, dans l'étude du spectre Raman du benzène, M. Bourguel (⁴) a signalé une anomalie et (parmi diverses explications) a envisagé l'éventualité de plusieurs structures de ce corps.

L'ensemble des faits rappelés ci-dessus militent fortement en faveur de l'hypothèse du polymorphisme moléculaire du benzène liquide.

---

(¹) A. Goldet, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1612.

(²) S. W. Chinchalkar, *Ind. Journ. of Physics*, **6**, VII, 1933, p. 491.

(³) J. Cabannes, *loc. cit.*, p. 297. M. Rocard a envisagé une autre explication de ce fait (*Ann. de Phys.*, **10**, 1928, p. 230).

(⁴) *Bull. Soc. chim.*, **53**, 1933, p. 502.

SPECTROSCOPIE. — *Le taux de polarisation de la fluorescence de la vapeur de mercure pure* [1]. Note [2] de M. **A. Kastler**, présentée par M. A. Cotton.

La fluorescence visible de la vapeur de mercure, composée du triplet 4046, 4358 et 5461 Å, est due à une excitation multiple [3]. Par absorption successive des raies 2537 et 4358 Å de l'arc au mercure les atomes passent de l'état normal $1^1S_0$ par l'intermédiaire de l'état $2^3P_1$ à l'état $2^3S_1$.

*Dispositif expérimental et définitions.* — Soit un trièdre trirectangle $Oxyz$, $Oz$ étant l'axe vertical. La lumière incidente d'un arc à mercure se propage suivant $Ox$, on observe les raies de fluorescence suivant $Oy$ avec un biréfringent qui sépare les vibrations verticales d'intensité I des vibrations horizontales d'intensité $i$.

On définit le degré de polarisation $P = I - i/I + i$ :

1° *Excitation* $\pi$. — La lumière incidente est polarisée rectilignement, son vecteur électrique est dirigé suivant $Oz$. On peut appliquer un champ magnétique H suivant $Oz$.

2° *Excitation* $\sigma$. — H est dirigé suivant $Ox$. La lumière incidente peut être rectiligne, naturelle ou circulaire.

Le calcul des taux de polarisation est basé sur le fait que, dans le premier cas, seules les composantes Zeeman $\pi$, dans le deuxième seules les composantes Zeeman $\sigma$, sont excitées.

Résultats du calcul des taux de polarisation. — Ces résultats correspondent au cas de raies excitatrices larges (*broad line excitation*). Le calcul doit tenir compte de la présence des isotopes impairs et de la structure hyperfine des raies.

Dans la vapeur de mercure pure, le taux de polarisation des raies de fluorescence dépend à la fois de l'état de polarisation des deux vibrations incidentes 2537 et 4358 Å.

---

(1) Cette Note fait suite à deux articles précédents de l'auteur (*Journal de Physique*, 4, 1933, p. 406; *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 442).

(2) Séance du 12 février 1934.

(3) Chr. Fuchtbaner, *Physik Zts.*, **21**, 1920, p. 635; R. Wood, *Philosophical Magazine*, **50**, 1925, p. 774, et **4**, 1927, p. 466.

Parmi les combinaisons possibles au gré de l'expérimentateur, nous envisagerons les quatre cas suivants :

*a. Excitation* $\pi\pi$. — Les deux radiations incidentes sont polarisées rectilignement suivant O$z$.

*b. Excitation* $\sigma_+\sigma_+$. — Les deux radiations sont polarisées circulairement de même sens.

*c. Excitation* $\sigma_+\sigma_+$. — Les radiations incidentes possèdent des polarisations circulaires inverses.

*d.* La lumière incidente est *naturelle*. Un champ magnétique H est dirigé suivant O$x$. Le taux de polarisation correspond alors à la superposition des cas *b* et *c*.

Le Tableau I réunit lesrésultats des calculs de P.

TABLEAU I.

| P | 4046 (%). | 4358 (%). | 5461 (%). |
|---|---|---|---|
| *a.* $\pi\pi$ | + 9,94 | — 5,23 | + 1,03 |
| *b.* $\sigma_+\sigma_+$ | +42,6 | —17,6 | + 3,78 |
| *c.* $\sigma_+\sigma_-$ | —84,1 | +72,6 | —11,3 |
| *d.* Lumière naturelle | —76,9 | +62,5 | —10,0 |

Le Tableau II permet de comparer les intensités de la fluorescence dans les divers cas, à égalité d'intensité de la lumière excitatrice. Ces intensités I + $i$ sont exprimées en unités arbitraires en posant égales à 100 les intensités en lumière naturelle.

TABLEAU II.

| I + $i$ | 4046. | 4358. | 5461. |
|---|---|---|---|
| *a.* $\pi\pi$ | 20,4 | 31,4 | 25,6 |
| *b.* $\sigma_+ + \sigma_+$ | 11,3 | 22,3 | 16,6 |
| *c.* $\sigma_+\sigma_-$ | 188 | 177 | 184 |
| *d.* Lumière naturelle | 100 | 100 | 100 |

Seuls les isotopes impairs contribuent à la fluorescence dans les cas *a* et *b*. Dans ces cas, l'intensité de la fluorescence est donc bien plus faible que dans les cas *c* et *d*, où la contribution principale est fournie par les isotopes pairs.

*Résultats expérimentaux.* — J'ai fait quelques mesures de P en excitant par la lumière naturelle en présence d'un champ H de quelques dizaines de gauss, dirigé suivant O$x$ (cas *d*). Ces mesures, faites par la méthode de photométrie photographique, montrent que les degrés de polarisation dépendent fortement de la température de la goutte de mercure. Le Tableau III réunit les résultats obtenus.

TABLEAU III.

| $t$. | $p$ en $10^{-5}$ mm Hg. | 4046 (%). | 4358 (%). | 5461 (%). |
|---|---|---|---|---|
| < − 5°....... | rés. théor. | −76,9 | +62,5 | −10,0 |
| − 5....... | 30 | −58 ±6 | +45 ±6 | » |
| 0........ | 40 | −47 ±5 | +32 ±4 | −10 ±3 |
| + 12........ | 80 | −35 ±4 | +25 ±4 | − 7 ±2 |
| +120........ | 130 | −30 ±3 | +17 ±3 | − 3 ±2 |

Pour avoir plus de lumière on a pris une grande ouverture pour le faisceau excitateur (condenseur travaillant à F/2; projection d'une image d'un arc au mercure allongé). La présence de rayons incidents très inclinés sur l'axe du système abaisse donc notablement le degré de polarisation mesuré. Aux très faibles pressions de vapeur, les mesures correctes sont difficiles, la fluorescence devenant très faible. La lumière parasite est alors relativement importante et son évaluation est imprécise.

L'étude expérimentale de ce phénomène sera poursuivie. Le compte rendu de cette étude et le détail des calculs théoriques seront donnés ailleurs.

SPECTROSCOPIE. — *État de polarisation circulaire des raies Raman du pinène éclairé en lumière circulaire et observé longitudinalement.* Note de M. **Pierre Daure**, présentée par M. A. Cotton.

Les états de polarisation des raies Raman des *composés inactifs* font l'objet de lois très simples, exprimées indépendamment par M. Cabannes ([1]) et M. Placzeck ([2]). L'étude théorique et expérimentale des états de polarisation des raies Raman des *composés actifs* est à peine abordée :

On peut encore, dans ce cas, définir un facteur de dépolarisation $\rho$. Un faisceau de rayons parallèles constitué par de la lumière naturelle ou polarisée circulairement éclairant un *petit* élément de volume, on peut séparer dans la lumière réémise perpendiculairement à la direction de propagation : 1° l'intensité $i$ des composantes des vibrations lumineuses parallèles au

---

([1]) Jean Cabannes, *Journal de Physique*, 7e série, 2, 1931, p. 381-391; *Annales de Physique*, 10e série, 18, 1932, p. 285-328.

([2]) G. Placzeck, *Rayleigh-Streuung und Raman-Effekt*, Leipzig 1934. 2e Partie du Tome 6 du *Handbuch der Radiologie*, 2e édition.

rayon incident; 2° l'intensité I des composantes des vibrations lumineuses parallèles à une direction perpendiculaire au rayon incident. Le factenr $\rho$ sera égal à $i/I$.

Un observateur placé transversalement pourra observer et mesurer $\rho$ en tenant compte de la rotation de la lumière réémise dans le milieu entre l'élément $dv$ et la face d'observation. Mais pratiquement, pour obtenir un phénomène assez intense, on n'utilise pas la lumière réémise par un élément de volume petit, mais par un volume éclairé de l'ordre du centimètre cube; la rotation de la lumière dans ce volume peut empêcher toute mesure correcte si le corps a un pouvoir rotatoire important.

On peut encore définir le rapport d'inversion $r$ : un faisceau de rayons parallèles constitué par de la lumière polarisée circulairement, éclairant un élément de volume, on peut aussi séparer dans la lumière réémise parallèlement à la direction de propagation l'intensité $I_v$ des composantes circulaires tournant en sens inverse de la lumière incidente, de l'intensité $I_r$ des composantes circulaires tournant dans le même sens que la lumière incidente. Le rapport d'inversion $r$ sera le rapport $I_v/I_r$.

Tableau.

Les $\Delta\nu$ sont exprimés en nombre d'ondes au centimètre. Les chiffres gras correspondent aux raies les plus fortes.

Les $r$ sont les ordres de grandeur des rapports d'inversion résultant d'une estimation et non d'une mesure photométrique régulière.

| $\Delta\nu$. | $r$. | $\Delta\nu$. | $r$. | $\Delta\nu$. | $r$. |
|---|---|---|---|---|---|
| 139 | >4 | 789 | 1 | 1184 | 2 |
| 207 | 1,5 | 820 | 2 | 1205 | 4 |
| **258** | 2 | **845** | 1,5 | **1223** | 1/2 |
| 307 | 2 | 889 | 4 | 1269 | 1 |
| 335 | 1 | 908 | 1/2 | 1309 | 3 |
| 389 | >4 | 930 | 2 | **1330** | 1/2 |
| 394 | <1/4 | 940 | 1 | 1339 | 4 |
| 424 | 2 | **952** | 1 | **1377** | 1 |
| 467 | 1 | 1001 | 4 | **1437** | 2 |
| 483 | 1 | 1018 | 1/4 | 1448 | 1,5 |
| **565** | 1/2 | 1047 | 1/2 | 1457 | 2 |
| 613 | 1/4 | 1070 | 1 | 1476 | 2 |
| 623 | 1 | 1085 | 1 | **1659** | 1/4 |
| **668** | 1/3 | **1124** | 2 | | |
| **771** | 1/2 | 1166 | 2 | | |

Un observateur placé longitudinalement pourra mesurer ce rapport $r$, même si le volume éclairé est grand.

L'observation longitudinale est donc la plus favorable.

J'ai étudié expérimentalement, par cette méthode, les états de polarisation circulaire du pinène d'Alep droit ([1]). Le montage optique est celui qu'ont décrit MM. Bär et Hanle ([2]).

L'expérience a montré que les raies Raman du pinène présentent des états d'inversion variés. *Ces états d'inversion sont indépendants du sens de rotation de la lumière circulaire incidente* ([3]). Le tableau ci-contre donne, pour les principales raies observées, les estimations des rapports d'inversion correspondants.

MÉTROLOGIE. — *La raie rouge du cadmium est essentiellement renversable.* Note de M. **Albert Pérard**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai signalé, en 1926, le renversement spontané de la raie rouge du cadmium ([4]); mais les conditions d'observation indiquées alors pour ce renversement (lampe Hamy sans électrodes sous la tension aux bornes de 1800 volts, ou lampe Michelson à vide élevé) étaient si délicates à réaliser, et la visibilité des interférences si faible, qu'il n'avait pas fallu moins de huit observations doubles concordantes pour pouvoir affirmer la réalité du phénomène.

Depuis quelque temps, les physiciens ont à leur disposition une lampe à cadmium à électrodes incandescentes, fonctionnant sur courant alternatif de 220 volts (20 à 30 volts seulement aux bornes de la lampe), à l'intensité normale de 2 ampères; une double enveloppe à vide intermédiaire formant vase Dewar maintient l'enceinte intérieure à une température assez haute pour que la pression de vapeur du cadmium soit suffisante. L'avantage de cette nouvelle lampe est, en plus de sa remarquable commodité d'emploi, son intensité lumineuse plus forte que celle de

---

([1]) Mis à ma disposition par M. Dupont, directeur de l'Institut du Pin.

([2]) *Annales de Physique*, 2, 1931, p. 885.

([3]) M. Kastler avait déjà établi (dans l'effet transversal) que la position et l'intensité des raies ne dépendent pas du sens de rotation de la lumière circulaire excitatrice (*Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 565).

([4]) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1101.

la lampe Michelson; pour les physiciens, son inconvénient réside dans l'ignorance où l'on est des conditions intérieures de son fonctionnement (température, pression). En vue d'augmenter encore sa brillance dans la région utile des quelques millimètres carrés servant à la production des phénomènes d'interférences, et aussi pour éliminer les dépôts de cadmium qui ont tendance à se former sur les parois au milieu de l'intervalle des deux électrodes, j'ai fait exécuter une lampe de ce modèle mais comportant, dans sa région centrale, un étranglement, ou plus exactement un aplatissement; la section intérieure du tube médian présente grossièrement la forme d'un ovale, dont le petit axe a 3$^{mm}$, et le grand axe 14$^{mm}$ environ. La lumière émise dans la direction du grand axe donne une image étroite et allongée de cet aplatissement, projetée sur la fente qui forme source lumineuse avant la dispersion du prisme. Dans ces conditions, le faisceau qui tombe sur le prisme, et sert ensuite à la production des interférences, est extrêmement intense, et lorsque la lampe marche sur le courant de 2 ampères, la raie *apparaît renversée*, l'écart d'axe en axe entre les composantes du dédoublement étant un peu supérieures à 0,01 U.A. Ce phénomène de renversement spontané est aisé à mettre en évidence sur une même lampe, en faisant varier le courant qui la traverse. Pour toute différence de marche stable supérieure à 200$^{mm}$, l'aspect des interférences se retourne exactement, les franges claires se substituant aux franges sombres et réciproquement, lorsque l'intensité du courant admis passe de 1 à 2 ampères environ.

Le renversement ne provient pas directement de l'intensité même du courant; car son apparition (ou sa suppression) n'accompagne pas instantanément la variation du courant; elle n'a lieu qu'au bout des quelques minutes nécessaires pour que la lampe ait atteint la température de régime correspondant à l'intensité du nouveau courant qui la traverse. Accessoirement la différence de potentiel aux bornes de la lampe ne varie que de quelques volts et en sens inverse de l'intensité.

Sur cette lampe ainsi observée le courant de 1,15 ampère m'a paru le plus favorable, à la fois pour la finesse et le monochromatisme, qui dépassent ceux de la lampe Michelson et permettent d'observer les interférences de la raie non renversée jusqu'un peu au delà de 280$^{mm}$ de différence de marche, et aussi pour la luminosité du faisceau utilisé, qui est supérieure à celle de la lampe sans aplatissement fonctionnant sur le courant de 2 ampères.

Ainsi que pour les raies du néon, j'ai reconnu que les deux compo-

santes, en lesquelles la raie rouge du cadmium se trouve dédoublée sous la forte intensité de courant, sont séparément plus fines que la raie simple non renversée, émise dans les conditions les plus favorables; et j'ai pu, sous un courant de 1,8 ampère, observer des interférences inversées, visibles encore à la différence de marche de $344^{mm}$, alors que, avec la raie simple, tout phénomène d'interférence disparaît vers $280^{mm}$. Il est donc nécessaire de mettre en garde les physiciens contre la sécurité trompeuse que pourrait donner la belle visibilité des franges de cette radiation à si grande différence de marche; tous les excédents fractionnaires des interférences observés se trouvent alors faussés de 0,5, c'est-à-dire de l'écart maximum possible, par rapport à ceux que l'on observerait avec la longueur d'onde normale. Et il semble bien que cette grande facilité de renversement soit de nature à disqualifier la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium pour le rôle d'étalon international de longueur, auquel certains métrologistes voudraient la destiner.

RADIOCHIMIE. — *Influence de l'intensité de la lumière sur les phénomènes photovoltaïques*. Note (¹) de M. **René Audubert** et M^lle^ **Geneviève Lebrun**, présentée par M. Jean Perrin.

L'un de nous (²) a montré que les phénomènes photovoltaïques devaient être principalement attribués à une photolyse de l'eau sous l'action du rayonnement, les produits de la photolyse déplaçant les équilibres d'oxydo-réduction dont les électrodes sont le siège.

Les relations que l'on peut déduire de cette hypothèse sont, en ce qui concerne l'influence de la nature et de la concentration des électrolytes, complètement vérifiées par l'expérience.

L'étude de l'influence de l'intensité $\mathcal{J}$ de la lumière incidente apporte une nouvelle confirmation de la théorie photoélectrochimique et permet de préciser le processus primaire de l'action du rayonnemeut sur l'eau.

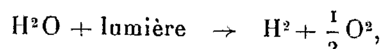
En effet, si l'on développe la théorie en admettant que la dissociation de

---

(¹) Séance du 12 février 1934.

(²) R. Audubert, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 800 et 1265; **193**, 1931, p. 15; **194**, 1932, p. 82; **196**, 1933, p. 475 et 1588 : *Les phénomènes photoélectrochimiques* (*Rapport du II^e^ Congrès International de Chimie physique*, Hermann, Paris, 1933).

l'eau par la lumière se fait suivant le schéma :



$$H^2O + \text{lumière} \rightarrow H^2 + \frac{1}{2}O^2,$$

on trouve que la variation du potentiel de l'électrode sous l'action du rayonnement ou photopotentiel $\mathcal{E}$ est donnée par la relation

$$\mathcal{E} = A \operatorname{Log}(1 + a\mathcal{J}) :$$

$a$ est une constante qui dépend de la nature de la substance photosensible, du liquide en contact et de la température; A est égal à $RT/nF$ où R représente la constante des gaz, T la température absolue, F le faraday et $n$ la valence du cation de l'électrode.

L'expérience, ainsi que nous l'avons vérifié sur un grand nombre d'électrodes photosensibles : Cu | CuO, Cu | $Cu^2O$, Cu | CuI, Cd | CdS, Ag | $Ag^2S$, Cu | vert malachite (1), Cu | vert brillant, Cu | pyronine, Cu | bleu de Nil, montre effectivement que le photopotentiel varie bien avec l'intensité de la lumière suivant une relation logarithmique de même forme que la précédente, mais dans laquelle le coefficient A pour tous les éléments, quelle que soit la valence du cation, est égale à RT/F, ainsi que le montre le tableau ci-contre donnant quelques-uns des résultats obtenus.

Mais, si l'on reprend les équations photoélectrochimiques, en admettant que les produits de la photolyse de l'eau sont, non pas l'hydrogène et l'oxygène moléculaires, mais l'hydrogène atomique et le radical OH, conformément à $H_2O + \text{lumière} \rightarrow H + OH$, on obtient aussi bien pour les sels monovalents que pour les divalents la relation suivante :

$$\mathcal{E} = \frac{RT}{F} \operatorname{Log}(1 + a\mathcal{J}).$$

L'identité de cette expression avec celle déduite des résultats expérimentaux conduit à considérer comme légitime l'hypothèse grâce à laquelle elle a été établie.

Examinées au point de vue énergétique, les conclusions auxquelles on parvient ainsi se présentent comme parfaitement admissibles; si l'on calcule, en effet, l'énergie nécessaire à la dissociation de l'eau en H et OH,

(1) Une matière colorante adsorbée par un métal fonctionne comme substance photosensible. R. Audubert et Stora, *Journ. de Chim. phys.*, 30, 1933, p. 85; C. Stora, *Journ. de Chim. phys.*, 29, 1932, p. 168.

on trouve 114000 calories en se basant sur les spectres d'absorption (¹) et 102000 calories par les données de la mécanique quantique (²).

*Photopotentiels en $10^{-3}$ volt.*

| Distances de la source (³) à l'électrode. | Cu \| CuO | | Cu \| Cu²O | | Cu \| vert brillant | | Cu \| vert malachite | | Ag \| Ag²S | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | calculé (⁴). | observé. | calculé. | observé. | calculé. | observé. | calculé. | observé. | calculé. | observé. |
| cm 15..... | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 20..... | 60,3 | 62,0 | 116,0 | 114,0 | – | – | 29,0 | 28,0 | – | – |
| 25..... | – | – | – | – | 105,7 | 96,0 | 21,4 | 20,4 | – | – |
| 30..... | 42,6 | 41,8 | 95,0 | 93,0 | – | – | – | – | 52 | 50 |
| 40..... | 31,5 | 28,0 | – | – | – | – | – | – | 39 | 38 |
| 50..... | 24,0 | 22,0 | 71,0 | 70,0 | 71,4 | 70,0 | 7,3 | 7,6 | 31,6 | 30,0 |
| 60..... | 18.8 | 18.8 | – | – | – | – | 5,3 | 5,5 | 25,4 | 22,6 |
| 70..... | – | – | 55,8 | 56,0 | – | – | – | – | – | – |
| 75..... | 13,5 | 14,1 | – | – | 53,1 | 49,0 | 3,5 | 4,0 | 18,8 | 16,6 |
| 80..... | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 90..... | 10,1 | 10,8 | 45,0 | 45,0 | – | – | 2,0 | 2,2 | 14,1 | 14,0 |
| 100..... | 8,4 | 8,7 | – | – | 41,0 | 41,0 | – | – | 12,3 | 13,6 |
| 120..... | – | – | 33,0 | 31,0 | – | – | – | – | – | – |
| 125..... | – | – | – | – | – | – | – | – | 8,7 | 8,9 |
| 150..... | 4,55 | 4,0 | – | – | 26,0 | 25,0 | – | – | 6,2 | 7,9 |
| 160..... | – | – | 23,2 | 22,0 | – | – | – | – | – | – |
| 200..... | – | – | 17,4 | 17,0 | 17,5 | 17,5 | – | – | – | – |
| 220..... | – | – | 15,2 | 15,0 | – | – | – | – | – | – |
| 240..... | – | – | 13,3 | 13,3 | – | – | – | – | – | – |
| 250..... | – | – | – | – | 12,4 | 12,0 | – | – | – | – |
| 260..... | – | – | 11,6 | 12,0 | – | – | – | – | – | – |
| 280..... | – | – | 10,4 | 10,0 | – | – | – | – | – | – |

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un composé liposoluble de polonium.* Note de M. **Marcel Servigne**, présentée par M. G. Urbain.

L'étude des combinaisons liposolubles de nombreux éléments a déjà donné lieu à d'intéressants travaux, en particulier sur les sels de l'acide camphocarbonique (⁵).

---

(¹) Victor Henri, *Cours de Chimie physique*, Liége, 1933 (2ᵉ Partie), p. 162.
(²) J. H. Van Vleck et Paul Cross, *Journ. Chem. Phys.*, **1**, vi, 1933, p. 337.
(³) Lampe pointilite, 300 watts.
(⁴) Calculé à partir de la relation $\mathcal{E} = RT/F \operatorname{Log}(1 + a\mathcal{J})$.
(⁵) M. Picon, *J. de Ch. et de Ph.*, 8ᵉ série, **11**, 1928, p. 206; **13**, 1931, p. 185 et 233.

Ces derniers composés, souvent amorphes à l'état solide, peu solubles dans l'eau, sont généralement solubles dans les solvants organiques.

En ce qui concerne les éléments radioactifs à vie longue, on connaît le camphocarbonate d'uranyle; d'autre part, relativement aux radioéléments à vie courte, P. Foucaud [1] a réussi à préparer le camphocarbonate de radium E en solution huileuse, en vue d'applications thérapeutiques.

Dans le même but, il m'a paru intéressant de renouveler des essais analogues sur le polonium. Les résultats obtenus sont les suivants :

I. *Préparation et solubilité dans les solvants organiques du composé de polonium.* — On peut, comme pour le radium E, traiter une solution alcaline de polonium par une solution alcoolique d'acide camphocarbonique, jusqu'à réaction légèrement acide. On agite ensuite le liquide dans une boule à décantation avec un égal volume de benzène. On constate alors, après séparation complète des deux phases non miscibles, le passage de plus de 40 pour 100 de polonium total dans le benzène. La centrifugation de cette solution radioactive, effectuée pendant une heure avec une centrifugeuse de 4000 tours/minute, amène le dépôt dans le culot du tube à centrifugation de 22,2 pour 100 de l'activité totale. La majeure partie du radioélément en solution dans le benzène ne s'y trouve donc pas à l'état de suspension colloïdale centrifugeable.

On peut aussi préparer la solution organique poloniée de la façon suivante : de l'hydroxyde de polonium évaporé à sec est soumis, sur le bain-marie, à l'action de quelques microcristaux d'acide camphocarbonique, par l'intermédiaire d'une goutte d'eau. On constate d'abord la dissolution rapide des cristaux dans l'eau, qui est ensuite complètement évaporée après quelques minutes de contact. Le résidu fixe est repris à chaud par le benzène ou le chloroforme, dans lesquels passent rapidement plus de 40 pour 100 de l'activité primitivement déposée. Sachant que l'hydroxyde de polonium est très peu soluble dans les solvants organiques, on voit que la précédente solubilisation du radio-élément dans ces solvants est directement liée à la présence d'acide camphocarbonique.

II. *Solubilité du composé de polonium dans une solution aqueuse d'acide camphocarbonique.* — La solution chloroformique précédente est transvasée et évaporée à sec au bain-marie; le résidu est repris par quelques gouttes d'eau. Les microcristaux d'acide camphocarbonique qui formaient le résidu visible sont ainsi dissous, et l'on peut de plus constater le passage

---

[1] *Recherches sur le radium E* (*Thèse*, Paris, 1933).

partiel du polonium dans la phase aqueuse. Cette dernière n'a abandonné, après centrifugation de 1 heure, que 10,2 pour 100 de son activité totale, au culot du tube.

III. *Solubilité du composé de polonium dans l'huile.* — La solution chloroformique ou benzénique, obtenue précédemment, est additionnée d'huile d'olive neutre; le solvant est complétement évaporé au bain-marie puis dans le vide. On obtient ainsi une solution huileuse de polonium, qui reste sensiblement homogène après un repos de quelques heures.

Les essais exposés ci-dessus, en particulier les conditions dans lesquelles on a obtenu les solutions organiques et huileuse assez stables de polonium, semblent indiquer l'existence d'un camphocarbonate de polonium, analogue aux sels connus de l'acide camphocarbonique. Il eût été utile, pour préciser ce dernier point, de compléter le travail par des essais d'isomorphisme. Mais ces essais sont ici impraticables, en raison de l'état souvent amorphe ou mal cristallisé des camphocarbonates solides (1).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la valeur du rapport de bifurcation de la famille de l'actinium par rapport à la famille de l'uranium-radium.* Note (2) de MM. **Marcus Francis** et **Tcheng Da-Tchang**, présentée par M. J. Perrin.

La constance du rapport de protactinium à l'uranium dans les minéraux anciens inaltérés a été démontrée par A. V. Grosse (3) en utilisant le zirconium et par l'un de nous (4) en utilisant le tantale comme entraîneur du protactinium. Mais sur la valeur du rapport de bifurcation de la famille de l'actinium par rapport à la famille de l'uranium-radium, il y a encore une incertitude. On admet généralement la valeur de 3 pour 100 basée sur la détermination de O. Hahn et L. Meitner (5) A. S. Russell et W. P. Widdowson (6), E. Gleditsch et ses collaborateurs (7), etc. Récem-

(1) M. Picon, *loc. cit.*

(2) Séance du 5 février 1934.

(3) *Phys. Rev.*, **42**, 1932, p. 565.

(4) Tcheng Da-Tchang. *Thèse Doctorat*, Paris, 1933.

(5) *Phys. Z.*, **20**, 1919, p. 529.

(6) *Phil. Mag.*, **46**, 1923, p. 920.

(7) Gleditsch et Foyon, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1571; Gleditsch et Klementsen, *ibid.*, **194**, 1932, p. 1731,

ment, Grosse avec sa méthode au zirconium, a trouvé un rapport égal à 4 pour 100. Nous avons cru nécessaire de reprendre la détermination de cette valeur.

La méthode de travail suivie par les auteurs anciens a été adoptée ici. On compare les courants d'ionisation, produits par des préparations de protactinium et d'uranium en couches minces, dans des conditions identiques. Nous avons examiné, tout particulièrement, différents procédés de préparation de ces couches afin de réduire l'absorption des rayons $\alpha$ au minimum.

I. *Purification chimique et radioactive de l'urane et du protactinium.* — Pour la purification de l'urane à partir d'une solution de nitrate d'uranyle du commerce, nous avons adopté une modification de la méthode de St. Meyer et Paneth ([1]), en remplaçant l'addition de thorium et sa précipitation par l'acide oxalique (pour séparer l'ionium et l'uranium X) par une extraction à l'éther ([2]) et trois cristallisations successives de nitrate d'uranyle dans l'eau.

L'extraction du protactinium à partir des minéraux avec l'oxyde de tantale et sa purification ont été faites par les méthodes établies par l'un de nous ([3]). On mélange une solution de $Ta^2O^5$ dans l'acide sulfurique et l'eau oxygénée avec la solution sulfurique du minerai. L'hydrate tantalique est précipité ensuite par chauffage au bain-marie. Cet entraînement est répété deux ou trois fois, et les divers précipités sont réunis ensemble pour donner une seule préparation. On la soumet ensuite à des purifications chimiques et radioactives.

II. *Préparation des couches minces.* — Pour la préparation des couches minces de $U^3O^8$, nous avons utilisé trois procédés différents : *a.* procédé classique; broyage de la matière dans un mortier d'agate avec de l'alcool ou du chloroforme, et peinture de la pâte obtenue sur un disque métallique; *b.* pulvérisation, sous l'action des ultra-sons, d'une suspension dans l'alcool de la matière, préalablement triturée dans un mortier, et transfert sur les disques par sédimentation ou centrifugation; *c.* électrolyse d'une solution de nitrate d'uranyle à 60°C. en présence de l'acide acétique et de l'acétate d'ammonium ([4]). Le dépôt sur la cathode (en platine) est un hydrate

---

([1]) *Wien. Ber.*, **121**, 1912, p. 1403.
([2]) F. Soddy and T. D. Mackenzie, *Phil. Mag.*, **14**, 1907, p. 284.
([3]) Tcheng Da-Tchang, *loc. cit.*
([4]) A. Fischer, *Z. anorg. Chem.*, **170**, 1913, p. 81.

d'urane, de composition incertaine, qui est converti en $U^3O^8$ par calcination à 700°C. dans l'air ([1]). Toutes les couches ont été soumises à un examen microscopique en vue de contrôler leur nature. Les couches préparées par les procédés *a* et *b* sont discontinues. Le procédé électrolytique donne des couches bien continues pour des épaisseurs très faibles.

Pour la préparation des couches minces de matière protactinifère, les deux premiers procédés sont seuls applicables, le procédé électrolytique n'ayant pas été mis au point jusqu'à présent.

III. *Conditions de mesures.* — Les dépôts ont été préparés sur des disques de nickel de $40^{mm}$ de diamètre et de $0^{m},05$ d'épaisseur. La matière active était distribuée sur un cercle de $33^{mm}$ de diamètre environ.

Les poids des dépôts, toujours inférieurs à $2^{mg}$, ont été déterminés par différence à l'aide d'une microbalance apériodique dont une division dans l'oculaire correspond à $0^{mg},01$; on peut facilement apprécier le dixième de division.

Les mesures de courant ont été faites dans un électromètre monofilaire (type Pohl).

IV. *Résultats.* — Nous avons comparé les courants d'ionisation du protactinium provenant d'une pechblende du Congo belge et d'une carnotite du Colorado, entraîné par l'oxyde de tantale, avec les courants d'ionisation de l'urane contenue dans la même quantité du minerai et nous avons trouvé un rapport égal à 0,023. La concordance entre les diverses préparations (trois de pechblende et une de carnotite) était très bonne.

Pour calculer le rapport de bifurcation, c'est-à-dire le nombre d'atomes de protactinium désintégrés dans l'unité de temps pour 100 atomes de uranium I désintégrés dans le même temps, nous nous sommes servis de la courbe de Bragg pour polonium, donnée par I. Curie ([2]) et des valeurs suivantes pour des parcours ($760^{mm}$ et 15° dans l'air) ([3]) : Po, $3^{cm},87$; U I, $2^{cm},70$; U II; $3^{cm},28$; Pa, $3^{cm},67$. Avec ces données, nous obtenons 4 pour 100 pour le rapport de bifurcation, confirmant ainsi, avec la méthode au tantale, la valeur obtenue par Grosse avec la méthode au zirconium.

---

([1]) Biltz et Müller, *Z. anorg. Chem.*, **163**, 1927, p. 257.
([2]) I. Curie, *Ann. de Phys.*, **10**, 1925, p. 299.
([3]) Constantes radioactives admises en 1930.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'action chimique de l'étincelle condensée sur les mélanges d'oxyde de carbone et d'hydrogène.* Note de MM. **Henri Lefebvre** et **Maurice van Overbèke**, présentée par M. Henri Le Chatelier.

MM. P. Jolibois, P. Montagne et l'un de nous ont décrit l'action chimique de l'étincelle condensée sur différents gaz raréfiés ([1]). Nous avons, par la même méthode, étudié les mélanges d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

Le tube laboratoire est un cylindre de verre de $8^{cm}$ de diamètre et $25^{cm}$ de longueur; ses électrodes, des fils de platine soudés à ses extrémités suivant son axe. L'étincelle provient de la décharge d'un condensateur de 2,5 microfarads; elle est du type trait de feu ([1]) et provoque la formation de vapeur d'eau, de gaz carbonique, de carbures éthyléniques, d'acétylène et d'une minime quantité de carbone libre. La marche des réactions dépend de différents facteurs, parmi lesquels nous avons étudié la composition et la pression du mélange initial et l'énergie mise en jeu. La mesure de cette dernière n'est pas très précise à cause des variations irrégulières du potentiel disruptif, qui est de l'ordre de 3 kilovolts.

I. *Le tube est maintenu en tous ses points à la température ambiante.* — Les réactions progressent très lentement et se traduisent par un abaissement de la pression du gaz dans le tube. La quantité d'acétylène formée est très faible; celle des carbures éthyléniques est notable.

| Énergie dépensée. | Pression initiale. ([2]). | Mélange initial ([2]). | | Gaz extrait du tube lab. ([2]). | | | | | | Pression finale ([2]). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | CO. | $H^2$. | CO. | $H^2$. | $CO^2$. | $C^nH^{2n}$. | $C^2H^2$. | $H^2O$. | |
| $12^{kj},6$ | 4,57 | 4,62 | 4,55 | 4,12 | 4,25 | 0,11 | 0,10 | tr. | n.d. | 4,24 |
| $184^{kj},5$ | 4,45 | 4,50 | 4,43 | 3,24 | 3,74 | 0,24 | 0,10 | tr. | n.d. | 3,71 |

II. *Le tube laboratoire communique avec un tube gros et court plongé dans*

---

([1]) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 608; **182**, 1926, p. 1026 et 1145; **183**, 1926, p. 784; **184**, 1927, p. 522; **185**, 1927, p. 853; **186**, 1928, p. 948 et 1119; **194**, 1932, p. 1490.

([2]) Les quantités de gaz sont exprimées en centimètres cubes mesurés à 15° sous la pression atmosphérique normale. Les pressions sont données en millimètres de mercure.

*l'oxygène liquide.* — Le rapport du volume d'hydrogène au volume d'oxyde de carbone entrant en réaction est de l'ordre de 1,2. Cependant si, pour l'étude de mélanges pauvres en hydrogène, on utilise des électrodes de platine ayant auparavant fonctionné dans de l'hydrogène, les mesures sont faussées par la combinaison de l'oxyde de carbone avec l'hydrogène adsorbé antérieurement.

| Comp. volum. du gaz initial. CO %. | H² %. | Durée du passage des étincelles. | Pression initiale. | Abaiss. de pression % | Vol. de H² disparu / Vol. de CO disparu. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | min. | mm | | |
| 20,23 | 79,77 | 30 | 4,56 | 33 | 1,55 |
| | | 60 | 4,94 | 50 résidu : | 1,47 |
| | | 180 | 4,65 | 51 H² pur | 1,52 |
| 51,23 | 48,77 | 15 | 3,98 | 11 | 1,19 |
| | | 120 | 3,88 | 97,9 | 0,96 |
| 79,86 | 20,14 | 5 | 4,62 | 7 | 1,1 |
| électrodes utilisées antér. dans H² pur | | 15 | 4,49 | 24 | 0,68 |
| | | 25 | 4,71 | 45 résidu : | – |
| | | 65 | 4,77 | 81 CO pur | – |

*Influence de la pression.* — Entre 1,8 et 10mm de mercure, l'énergie à dépenser pour faire réagir une masse donnée de gaz croît en général avec la pression :

| Composition volumétrique du gaz initial. CO %. | H² %. | Pression initiale. | Abaissement de pression. | Énergie dépensée. | Énergie dépensée / Pression initiale. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | mm | % | kJ | |
| 51,23 | 48,77 | 1,7 | 25 | 2,8 | 1,65 |
| | | 3,9 | | 18,4 | 4,72 |
| | | 1,7 | 75 | 8,5 | 5,00 |
| | | 3,9 | | 36,7 | 9,40 |
| 20,23 | 79,77 | 4,7 | 40 | 13,6 | 2,90 |
| | | 9,0 | | 35,2 | 3,90 |

*Analyse des produits condensés à* — 183°. — Par réchauffage à — 80° de l'appendice maintenu à — 183° pendant le passage des étincelles, il se dégage un mélange composé exclusivement de gaz carbonique et d'acétylène, l'eau restant condensée sans tension de vapeur appréciable :

| Composition volumétrique du mélange gazeux initial. | | Pression initiale. | Composition volumétrique du mélange gazeux dégagé. | |
|---|---|---|---|---|
| CO %. | $H^2$ %. | | $CO^2$ %. | $C^2H^2$ %. |
| 20,23 | 79,77 | 5 mm | 45,1 | 54,9 |
| | | 9 | 32,5 | 67,5 |
| 51,23 | 48,77 | 5 | 80,3 | 19,7 |
| | | 9 | 79,2 | 20,8 |
| 79,86 | 20,14 | 6,6 | 97,5 | 2,5 |

On voit que l'étincelle condensée n'a d'action notable sur les mélanges d'hydrogène et d'oxyde de carbone sous faible pression que si l'on élimine les produits de la réaction au fur et à mesure qu'ils se forment. Ces produits consistent essentiellement en vapeur d'eau, gaz carbonique et acétylène. La dépense d'énergie électrique est toujours considérable par rapport à l'énergie mise en jeu par les réactions chimiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La réversibilité des systèmes oxydoréducteurs dérivés des glucides.* Note de MM. **René Wurmser** et **J.-A. de Loureiro**, présentée par M. Georges Urbain.

L'existence de systèmes oxydoréducteurs réversibles parmi les dérivés des glucides a déjà été mise en évidence. Nous avons indiqué récemment (¹) que la réversibilité était aisée à démontrer dans le cas de l'acide ascorbique si l'on opère en milieu acide, où la forme oxydée est stable et c'est d'une manière analogue que H. Borsook et G. Keighley (²) ont effectué une détermination du potentiel de l'acide ascorbique à 35° C. Cependant la réversibilité de ces systèmes est encore mise en doute par divers auteurs, en particulier par P. Karrer et G. Schwarzenbach (³). Une nouvelle méthode nous paraît apporter la preuve définitive de cette réversibilité : 1° dans le cas des solutions de glucides évoluées en milieu neutre ou alcalin; 2° dans le cas de l'acide ascorbique.

La méthode consiste à comparer les potentiels normaux obtenus, d'une

(¹) Wurmser et J. A. de Loureiro, *C. R. Soc. Biol.*, 113, 1933, p. 543.
(²) *Proc. Nat. Acad. of Sc.*, 19, 1933, p. 875.
(³) *Helv. Chem. Act.*, 17, 1934, p. 58.

part, d'une manière précise, par électrométrie; d'autre part, d'une manière approchée, par mesure de la quantité d'un leucodérivé capable d'être réoxydé. Cette deuxième opération se fait dans un tube en H. D'un côté, on met le colorant avec un peu de solution colloïdale de palladium, et l'on fait passer de l'hydrogène. De l'autre côté, on met une solution contenant le système à étudier à l'état réduit, additionné d'une certaine quantité d'oxydant, et l'on fait passer de l'azote. Quand la réduction du colorant est terminée et la solution bien purgée d'air, on fait le vide et l'on scelle. On mélange ensuite le contenu des deux branches, et l'on suit la recoloration par comparaison colorimétrique avec des étalons.

1° *Système oxydoréducteur des solutions de glucides évoluées.* — Ce système est caractérisé par son spectre d'absorption ultraviolet qui présente une bande située à 2780 Å en solution à pH 7 et à 2650 Å en solution à pH 1. Il se distingue donc de la réductone de von Euler et de l'acide ascorbique de Szent Gyorgyi. Nous proposons de lui donner le nom de *rédoxine*.

Les valeurs suivantes ont été obtenues pour le potentiel normal, à 23°C., en volts :

| pH. | 1,08. | 2,25. | 3,15. | 4,10. |
|---|---|---|---|---|
| Électrométrie.............. | 0,405 | 0,328 | 0,295 | 0,240 |
| Colorimétrie............... | 0,43 | 0,33 | 0,26 | 0,23 |

Dans le cas des solutions de glucides, l'électroactivité du système a permis d'effectuer la détermination électrométrique par simple titrage à l'iode.

2° *Acide ascorbique.* — Nous avons pu étudier ce corps grâce à M. Szent Gyorgyi. En ce qui concerne cet acide ascorbique, nous avions indiqué que son niveau d'oxydoréduction correspondait, en milieu neutre aussi bien qu'en milieu acide, à $rH_2$ 17 à 20°C.

Cette valeur est seulement correcte au voisinage de pH 7. En milieu acide nous avons obtenu par les deux méthodes les valeurs suivantes, à 23°C. :

| pH. | 1,08. | 2,25. | 3,15. | 4,10. |
|---|---|---|---|---|
| Électrométrie.............. | 0,347 | 0,280 | 0,224 | 0,173 |
| Colorimétrie............... | — | 0,25 | 0,20 | 0,17 |

La divergence d'avec nos premiers résultats provient précisément de la

présence dans les échantillons d'acide ascorbique non fraichement cristallisé de traces de rédoxine ou d'un corps très analogue, qui, à la température ordinaire, imprime à la courbe de titrage électrométrique une inflexion caractéristique. Cette inflexion disparaît, en même temps que la recoloration à pH 1 du leucodérivé du bleu de méthylène, quand on recristallise l'acide ascorbique. En même temps l'électroactivité de l'acide devient très faible et les titrages électrométriques deviennent incertains. Les déterminations électrométriques que nous indiquons ont dû être effectuées en portant à 35° des mélanges équivalents de forme oxydée et réduite, comme avaient fait Borsook et Keighley, et en les ramenant ensuite à la température ordinaire.

La méthode de recoloration des leucodérivés permet encore de montrer qu'il existe dans les cellules un système oxydoréducteur réversible à un niveau supérieur à $rH_2$ 17, à pH 7. Par exemple des filtrats trichoracétiques de foie broyé recolorent, en milieu acide, après oxydation par l'iode, le leucodérivé du bleu de méthylène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cryoscopique de l'hydratation globale des ions du chlorure de nickel.* Note de M[lle] **O. Hun**, présentée par M. G. Urbain.

En vue de contribuer aux déterminations de l'hydratation des ions faites par M. F. Bourion et ses collaborateurs, j'ai étudié ce phénomène pour le chlorure de nickel.

Pour effectuer ce travail, on a employé comme milieu cryoscopique les solutions 0,5M et 0,25M $Cl^2Ni$ contenant des quantités croissantes de résorcine, de manière à réaliser dans le mélange ternaire des concentrations en résorcine allant de 0,25M à 2M pour le milieu 0,5M $Cl^2Ni$ et de 0,25M à 2,5M pour le milieu 0,25M $Cl^2Ni$. Dans la majeure partie du domaine étudié on a constaté l'existence d'équilibres entre molécules de résorcine simples et triples. Ainsi que pour les sels étudiés précédemment (*loc. cit.*) on a admis que le comportement de la résorcine n'était pas troublé par la

---

(1) F. Bourion, E. Rouyer et M[lle] O. Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1015; F. Bourion, E. Rouyer, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1111; 197, 1933, p. 52; 198, 1934, p. 175; F. Bourion et M[lle] O. Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1489.

présence du chlorure et qu'en conséquence la constante moyenne $K_3$ devait être égale à 3,500 comme dans l'eau.

La relation employée pour le calcul de $K_3$ est :

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3\,C^2(330\Delta - ak')^3}{4k'^2a^2(3ak' - 330\Delta)}$$

où $c$ et $c'$ sont respectivement les concentrations des molécules simples et triples, C la concentration totale de la résorcine évaluée en molécules simples, $a$ la masse de résorcine dans 100$^g$ d'eau, $\Delta$ son abaissement cryoscopique et $k'$ la constante cryoscopique apparente du milieu ; du fait qu'une partie de l'eau est soustraite à la solution par les ions, $k'$ est supérieur à la constante cryoscopique 18,4 de l'eau pure.

Pour la série 0,5 M $Cl^2Ni$ les résultats obtenus en faisant $k' = 24,81$ sont consignés dans le tableau suivant

| Concentration. | Poids pour 100. | Δ. | $K_3$. |
|---|---|---|---|
| 0,250 | 2,8270 | 0,598 | 1,5000 |
| 0,375 | 4,2892 | 0,878 | 1,9445 |
| 0,500 | 5,7843 | 1,157 | 2,5290 |
| 0,625 | 7,3157 | 1,430 | 2,9997 |
| 0,750 | 8,8824 | 1,685 | 3,1274 |
| 0,875 | 10,488 | 1,931 | 3,1696 |
| 1 M | 12,132 | 2,179 | 3,2895 |
| 1,125 | 13,817 | 2,429 | 3,4385 |
| 1,250 | 15,544 | 2,670 | 3,4741 |
| 1,375 | 17,313 | 2,907 | 3,4700 |
| 1,500 | 19,129 | 3,151 | 3,5240 |
| 1,625 | 20,9905 | 3,3995 | 3,5999 |
| 1,750 | 22,902 | 3,640 | 3,5845 |
| 1,875 | 24,864 | 3,8795 | 3,5460 |
| 2 M | 26,880 | 4,126 | 3,5385 |

Lorsque $k' = 24,81$ la moyenne de $K_3$ pour les concentrations allant de 1 M à 2 M est 3,4961 ; pour $k' = 24,7$ elle est 3,6285, par extrapolation on calcule la valeur de $k'$ qui réalise $K_3 = 3,500$, elle est

$$k' = 24,807.$$

A partir de $k'$ on obtient l'hydrate correspondant. Un litre de solu-

tion 0,5M $Cl^2Ni$ contient 994g,85 d'eau dont la partie soustraite par 0mol,5 de chlorure est

$$994,85 \times \frac{24.807 - 18,4}{24.807} = 256,94.$$

1mol de $Cl^2Ni$ en solution 0,5M fixe donc

$$\frac{2 \times 256,94}{9} = 28^{\text{mol}},5 \text{ d'eau}.$$

Les résultats obtenus pour la série de 0,25M sont analogues et ont montré que 1mol de $Cl^2Ni$ en solution 0,20M fixe 33mol,1 d'eau.

Les hydratations du chlorure de nickel sont sensiblement plus élevées que celles observées par le même procédé (*loc. cit.*) pour les chlorures de K, Na, $NH^4$, Ca, Ba, en solutions équivalentes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination cryoscopique de l'hydratation globale des ions du chlorure de baryum.* Note de M. E. **Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Poursuivant l'étude du degré d'hydratation globale des ions des chlorures alcalino-terreux, commencée en collaboration avec M. F. Bourion (1), j'ai déterminé la constante cryoscopique de milieu $k'$, relative à des solutions de chlorure de baryum, de façon que la constante d'équilibre $K_3$, entre molécules simples et triples de la résorcine dissoute dans ces solutions aqueuses, ait la même valeur 3,500 que dans l'eau (2).

Cette détermination de $k'$ se déduit à des abaissements cryoscopiques expérimentaux $\Delta$ de la résorcine par la relation

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C(330\Delta - ak')^3}{4a^2k'^2(3ak' - 330\Delta)},$$

dans laquelle $c$, $c'$ et C représentent les concentrations respectives, prises à 15°C. des molécules simples, triples et totale de la résorcine, cette dernière exprimée en molécules simples, et $a$ la masse de résorcine par 100g d'eau.

(1) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 175.
(2) F. Bourion, E. Rouyer et Mlle Hun, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1015.

L'étude a porté successivement sur les solutions : $Cl^2Ba$ 0,5 M et $Cl^2Ba$ 0,25 M, et a fourni les résultats suivants :

| | $Cl^2Ba$ 0,5 M — $k' = 24,16$. | | $Cl^2Ba$ 0,25 M — $k' = 21,19$. | |
|---|---|---|---|---|
| Concentration. | Δ. | $K_3$. | Δ. | $K_3$. |
| 0,250 | 0,596 | 2,037 | 0,520 | 2,184 |
| 0,375 | 0,872 | 2,322 | 0,764 | 2,557 |
| 0,500 | 1,135 | 2,492 | 0,988 | 2,481 |
| 0,625 | 1,3925 | 2,732 | 1,218 | 2,870 |
| 0,750 | 1,649 | 3,020 | 1,437 | 3,041 |
| 0,875 | 1,893 | 3,128 | 1,6555 | 3,247 |
| 1,000 | 2,143 | 3,335 | 1,8705 | 3,401 |
| 1,125 | 2,384 | 3,423 | 2,079 | 3,466 |
| 1,250 | 2,618 | 3,432 | 2,2855 | 3,505 |
| 1,375 | 2,866 | 3,587 | 2,492 | 3,534 |
| 1,500 | 3,101 | 3,588 | 2,694 | 3,519 |
| 1,625 | 3,331 | 3,536 | 2,901 | 3,538 |
| 1,750 | 3,563 | 3,492 | 3,107 | 3,530 |
| 1,875 | 3,803 | 3,496 | 3,312 | 3,497 |
| 2,000 | 4,040 | 3,458 | 3,522 | 3,488 |
| 2,125 | — | — | 3,7405 | 3,517 |
| 2,250 | — | — | 3,9555 | 3,498 |
| 2,375 | — | — | 4,178 | 3,504 |
| 2,500 | — | — | 4,3975 | 3,464 |

De ce tableau résulte que, pour les concentrations de 1,000 à 2,000 M en résorcine, $K_3$ moyen a pour valeur 3,483 dans les solutions $Cl^2Ba$ 0,5 M lorsque $k' = 24,16$, et 3,497 dans les solutions $Cl^2Ba$ 0,25 M lorsque $k' = 21,19$, et pour l'intervalle de concentrations 1,000 à 2,500 M en résorcine. Par extrapolation, on calcule que $K_3 = 3,500$ pour $k' = 24,1458$ (solution $Cl^2Ba$ 0,5 M) ou pour $k' = 21,1878$ (solution $Cl^2Ba$ 0,25 M).

La connaissance de ces valeurs de $k'$ permet le calcul de l'hydratation globale des ions du chlorure de baryum aux concentrations envisagées. A 0,5 M le pour 100 $x$ de l'eau fixée sur le sel est

$$x = \frac{100(24,1458 - 18,4)}{24,1458} = 23,796 \quad \text{soit} \quad 23,80.$$

D'autre part, la masse de chlorure de baryum par 100$^g$ d'eau, déduite de la densité de la solution, déterminée expérimentalement à 15°C., est 10$^g$,540, ce qui permet d'obtenir le nombre de molécules d'eau fixées sur une molé-

cule de $Cl^2Ba$:

$$\frac{23,80 \times 208}{10,540 \times 18} = 26,093 \quad \text{soit} \quad 26,1,$$

et l'hydrate correspondant aux solutions $Cl^2Ba$ 0,25 M s'écrira $Cl^2Ba$ 26,1 $H^2O$.

A 0,25 M, le pour 100 d'eau fixée, calculée à partir de la constante 21,1878 est de 13,16, la masse de chlorure de baryum pour 100$^g$ d'eau 5$^g$,233, ce qui conduit par un calcul analogue au précédent à un hydrate $Cl^2Ba$ 29,1 $H^2O$.

Ces degrés d'hydratation sont légèrement inférieurs à ceux trouvés précédemment et par la même méthode pour le chlorure de calcium ($Cl^2Ca$, 27$H^2O$ à 0,5 M — $Cl^2Ca$ 30,6$H^2O$ à 0,25 M). Ils sont du même ordre de grandeur que ceux trouvés par solubilité gazeuse dans les solutions de chlorure de baryum [1], puisque les hydrates correspondant à la concentration 0,5 M et calculés par extrapolation sont $Cl^2Ba$ 25,8$H^2O$ (solubilité $N^2O$) ou $Cl^2Ba$ 24$H^2O$ (solubilité $C^2H^2$). Il convient enfin de remarquer que, par la méthode cryoscopique, le degré d'hydratation diminue pour les chlorures alcalino-terreux lorsque la masse atomique du cation augmente, tandis que l'on observe le phénomène inverse par la méthode des solubilités.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation du point de décongélation (fluage) des huiles minérales accompagnant des changements de leur état. Ségrégation des huiles.* Note de MM. **Paul Woog**, **Jean Givaudon** et **Fernand Dayan**, présentée par M. Brillouin.

On sait que si l'on refroidit les huiles minérales brusquement et à basse température, leur solidification s'effectue avec des manifestations de faux équilibre analogues à la *trempe* et que, par réchauffement progressif, on observe des transformations cristallines semblables au *recuit* des métaux trempés [2]. L'étude des températures de fluage des fuels nous a permis d'étendre ces comparaisons métallurgiques et de mettre en évidence des phénomènes de *ségrégation* dont il faut tenir compte si l'on veut réaliser des mesures correctes.

---

(1) Manchot, Jahrstorfer et Zepter, *Zeit. anorg. Chem.*, **141**, 1924, p. 38-81.

(2) Paul Woog, E. Ganster et F. Coulon, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 850; *Bull. Soc. chim.*, janvier 1932, p. 127.

Faisons subir à un fuel un traitement thermique de 15 minutes à 100°, puis refroidissons immédiatement l'appareil de fluage garni de liquide chaud dans un bain d'acétone à — 75°. La température de fluage obtenue ensuite fournit pour des essais successifs des nombres très voisins qui constituent le Fluage Normal.

Si l'on répète l'expérience en garnissant l'appareil de fluage avec le fuel chaud préchauffé, mais en laissant refroidir l'appareil garni jusqu'à + 20° et séjourner 1 heure à cette température avant de le tremper dans le bain à — 75°, on obtient des températures de fluage identiques aux précédentes.

Reprenons maintenant l'appareil de fluage garni comme précédemment de liquide chaud préchauffé et laissons-le refroidir à 0°, puis séjourner 1 heure à cette température avant de le plonger dans le bain à — 75°; cette fois, nous relevons des températures de fluage nettement plus basses que les premières : les résultats sont les mêmes si l'essai est maintenu à 0° un temps variant de 1 heure à 8 heures.

Le phénomène s'observe d'une manière générale et se produit très régulièrement : les écarts entre le point de fluage normal et le fluage obtenu après séjour de l'essai à 0° peuvent être faibles ou notables; nous avons relevé jusqu'à 25°,8 de différence.

Nous pensons que la cause de ces écarts, qui ne se rencontrent que sur les produits paraffineux, est due précisément à la paraffine. Le préchauffage amène une dissolution complète de cette paraffine et son mélange intime avec le liquide. Lorsqu'on refroidit rapidement l'échantillon, la solution se solidifie avant que celle-ci ait eu le temps de subir une transformation quelconque. On obtient ainsi une solution solide dont le point de fluage est le Fluage Normal. En laissant séjourner l'essai à 0°, on diminue le coefficient de solubilité de la paraffine et celle-ci se sépare plus ou moins du liquide; il y a ségrégation, apparition d'une phase solide de paraffine dispersée dans le liquide et lorsque l'échantillon est soumis au refroidissement qui précède le fluage, c'est le liquide intercristallin qui se solidifie et la température de fluage correspond alors au fluage de ce liquide intercristallin. L'huile privée d'une partie de la paraffine qu'elle dissolvait initialement ne peut que donner un fluage inférieur à celui que l'on observait primitivement.

La paraffine séparée comme il vient d'être dit montre une grande stabilité : elle peut en effet subsister à l'état de germes cristallins même si l'on réchauffe l'échantillon à 35° ou 30 minutes à 50° et nous avons observé

qu'il fallait un séjour d'une heure à 50° pour arriver à stériliser le liquide. On ne manquera pas de rapprocher ces faits des phénomènes de congélation partielle étudiés par M. Bourdiol à propos de l'huile de ricin et des germes de glycérides solides qui peuvent s'y former.

La température à laquelle la séparation de la paraffine a lieu et où se produit la ségrégation, n'est, bien entendu, pas constante : elle varie avec la composition des liquides; avec certains, un séjour à 16° au lieu de 0° est suffisant pour faire apparaître la ségrégation et la température de fluage abaissée.

Il ne semble pas possible d'établir une relation simple entre la grandeur de la ségrégation témoignée par la différence des points de fluage et la composition des fuels. Celle-ci est en effet très complexe et les produits asphaltiques en particulier apportent un trouble certain. De plus il faut noter que le terme paraffine désigne en réalité de nombreux corps de fusibilité très différente et l'on conçoit que les paraffines dures jouent un rôle tout autre que les vaselines. Voici quelques exemples numériques :

| Produits. | Teneur en paraffine. °/₀. | Fluage normal. (A). | Fluage après séjour à 0°. (B). | B — A |
|---|---|---|---|---|
| | | ° | ° | ° |
| Huile 8101 | 0 | −28,9 | −28,7 | 0 |
| » 8101 + 3 °/₀ vaseline pure | » | − 7,1 | −18,1 | 11,0 |
| » 8101 + 3 °/₀ paraffine fus. 60/62 | 3 | + 7,3 | + 1,4 | 5,9 |
| Fuel 10621 | 1,35 | −23,5 | −25 | 1,5 |
| » 10623 | 1,56 | + 0,2 | − 4,2 | 4,4 |
| » 10607 | 1,75 | −21 | −28,9 | 7,9 |
| » 10801 | 0,77 | −12,8 | −24,7 | 11,9 |
| » 10622 | 3,92 | + 9,5 | − 5,6 | 15,1 |
| » 10307 | 4,05 | + 7 | −12 | 19,0 |
| » 10306 | 3,08 | − 0,25 | −23,5 | 23,25 |
| » 10619 | 4,42 | − 3,8 | −22 | 25,8 |

CHIMIE PHYSIQUE. — *La diffusion moléculaire de la lumière dans les liquides fluorescents.* Note de MM. **E. Canals** et **P. Peyrot**, présentée par M. Delépine.

La fluorescence est une cause d'erreur dans la mesure du facteur de dépolarisation de la lumière diffusée dans les liquides. La lumière de

fluorescence n'est pas pratiquement polarisée et donne pour le facteur de dépolarisation des valeurs erronées par excès.

Il est possible de déterminer l'intensité relative de la lumière de fluorescence par le facteur de dépolarisation de la lumière diffusée, en utilisant la méthode du déplacement de l'écran (¹). Si nous plaçons un écran arrêtant les radiations excitatrices de la fluorescence sur le faisceau primaire la mesure du facteur de dépolarisation de la lumière diffusée nous donnera la valeur $\rho = i/I$; $i$ étant l'intensité minimum et I l'intensité maximum des deux composantes rectangulaires incohérentes constituant la lumière diffusée. Maintenant, si l'on place ce même écran sur le faisceau secondaire, la fluorescence du liquide est excitée et l'on trouve pour le facteur de dépolarisation la valeur $\rho' = (i+f)/(I+f)$, en désignant par $2f$ l'intensité de la lumière de fluorescence. De ces deux relations, on tire

$$\frac{2f}{I+i} = \frac{2(\rho' - \rho)}{(1-\rho')(1+\rho)}.$$

Ce rapport représente l'intensité relative de la fluorescence à l'intensité de la diffusion moléculaire. C. W. Sweitzer a déterminé avec cette méthode la fluorescence de l'eau et de quelques solutions (²).

Nous avons appliqué cette méthode à l'étude des variations de l'intensité relative de la fluorescence des solutions très diluées et sulfuriques de sulfate de quinine en fonction de la concentration. La concentration en ions $H^+$ ayant de l'influence sur la fluorescence de la quinine (³), toutes nos mesures ont été faites pour un pH égal à 2. De plus nous avons opéré à la même température de 18° C. La source lumineuse était une lampe à vapeur de mercure en quartz. L'examen des solutions était pratiqué dans des récipients en verre. La fluorescence était donc excitée par les radiations ultraviolettes que laisse passer le verre. L'écran placé successivement sur le faisceau primaire et sur le faisceau secondaire était constitué par une cuve à faces parallèles contenant une solution très acide de sulfate de quinine. La mesure de $\rho$ était faite par la méthode Cornu et par photographie comme dans nos mesures du facteur de dépolarisation dans les liquides (⁴).

---

(¹) J. CABANNES, *La diffusion moléculaire de la lumière* (Presses Universitaires de France, 1929, p. 80).

(²) *Journ. of phys. Chem.*, 31, 1927, p. 1150-1191.

(³) MELLET et BISCHOF, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1616; VOLMAR, *Arch. Phys. Biol.*, 6, 1927, p. 179.

(⁴) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 471.

Les solutions étaient privées de poussières par filtration très lente à la pression ordinaire sur creuset de porcelaine poreuse. L'eau distillée pure et l'acide sulfurique pur sont légèrement fluorescents. La mesure de la fluorescence du mélange eau et acide sulfurique de $pH=2$ a donné les résultats suivants :

$$\rho=0,112, \qquad \rho'=0,361, \qquad \text{d'où} \qquad \frac{2f}{1+i}=0,70.$$

Désignons par $2F$ l'intensité totale de la lumière de fluorescence, due à la fluorescence $2f$ de la solution d'acide sulfurique de $pH=2$, d'une part, et à la fluorescence $2f'$ du sulfate de quinine, d'autre part ([1]). Par la mesure de $\rho$ et $\rho'$ nous déterminons le rapport

$$\frac{2F}{1+i}=\frac{2f+2f'}{1+i}, \qquad \text{d'où} \qquad \frac{2f'}{1+i}=\frac{2F}{1+i}-0,70.$$

On détermine ainsi l'intensité relative $2f'/(1+i)$ de la fluorescence du sulfate de quinine.

Voici les résultats obtenus :

| Concentrations en sulfate basique de quinine ([2]) en gr/cm³. | $\rho$. | $\rho'$. | $\frac{2f'}{1+i}$. |
|---|---|---|---|
| $0,435.10^{-8}$ | 0,112 | 0,455 | 0,43 |
| $0,725.10^{-8}$ | 0,112 | 0,528 | 0,88 |
| $1,45.10^{-8}$ | 0,112 | 0,633 | 1,85 |
| $2,90.10^{-8}$ | 0,112 | 0,730 | 3,42 |
| $5,80.10^{-8}$ | 0,112 | 0,839 | 7,40 |
| $10,10.10^{-8}$ | 0,112 | 0,900 | 13,40 |
| $14,50.10^{-8}$ | 0,112 | 0,925 | 18,80 |

1° $\rho$ est constant quelle que soit la concentration en sulfate de quinine, celle-ci restant faible.

2° La courbe représentative de la variation de $2f'/(1+i)$ en fonction de la concentration en sulfate de quinine est une droite. Comme d'autre part $(1+i)$ intensité de diffusion moléculaire de la solution de sulfate de quinine ne varie pas sensiblement dans les limites observées, $2f'$ intensité de fluorescence du sulfate de quinine varie linéairement avec la concentration.

Le pouvoir fluorescent spécifique de sulfate acide de quinine est donc

---

([1]) Nous admettons que, dans le cas de solutions diluées, les phénomènes de fluorescence sont additifs.

([2]) Produit Codex 1908.

constant pour ces faibles concentrations et obéit à la loi de S. J. Wawilow (¹).

3° Cette méthode de détermination de l'intensité de fluorescence peut donc permettre de doser de façon précise de faibles traces de sulfate de quinine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les propriétés des maillechorts*. Note de MM. **J. Cournot** et **F. Hiltbold**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons fait une étude systématique des propriétés des maillechorts en fonction de leur composition, dans la limite des nuances industrielles (55 à 60 pour 100 de cuivre, 8 à 22 pour 100 de nickel), et précisé l'influence de l'écrouissage et du recuit; nous en résumerons seulement ici les résultats les plus saillants.

1° L'écrouissage conduit à des duretés au moins égales à 200 Brinell pour un taux de 90 pour 100 et d'autant plus élevées que les alliages sont plus riches en nickel.

2° L'effet des chauffages sur produits écrouis se différencie assez notablement de celui observé sur les laitons :

*a*. l'anomalie précédant immédiatement le début de la germination est extrêmement prononcée, plus que dans les laitons même riches en zinc (²) : par exemple, pour un maillechort à 60 pour 100 de cuivre et 9 pour 100 de nickel écroui à 90 pour 100, la dureté passe de 200 à 230 Brinell pour une température de chauffage de l'ordre de 250-300°; le phénomène s'atténue un peu lorsque la teneur en nickel s'élève au détriment de celle en zinc : à 15 pour 100 de nickel, la dureté passe de 220 à 240 pour les mêmes températures ci-dessus; il faut rapprocher cette anomalie de celle découverte en 1901 par M. H. Le Chatelier à la suite d'essais de résistance électrique, et précisée par l'un de nous en 1927 par dilatométrie;

*b*. la chute des résistances mécaniques des produits écrouis est relativement lente, par rapport à celle des laitons, lorsque la température de chauffage s'élève; elle se produit graduellement entre 300 et 800°, cette dernière température pouvant seulement être considérée comme celle de début de la zone de recuit complet : par exemple, le maillechort à 60 pour 100 de cuivre et 9 pour 100 de nickel n'atteint une dureté de 67 qu'après 10 minutes de chauffage à 800°; après 1 heure à 650°, elle se stabilise encore à 82; les nombres correspondants pour le maillechort à 15 pour 100 sont 80 et 90;

---

(¹) S. J. Wawilow, *Zeit. f. Physik*, 31, 1925, p. 750.

(²) *Revue de Métallurgie*, Mémoires, 25, 1928, p. 685.

*c.* nous n'avons pas observé l'anomalie signalée dans les laitons en fin de germination par MM. Nicolau [1] et Eugène.

3° Cette lenteur de recristallisation se retrouve dans l'étude de l'influence du temps de chauffage.

4° Si l'on passe à l'influence de la composition, on trouve que l'écrouissage agit, à égalité de teneur en cuivre, d'autant plus vite que le pourcentage en nickel est plus bas.

Dans les produits parfaitement recuits, la dureté est influencée de la manière suivante :

*a.* à égalité de teneur en nickel, décroissance sensiblement linéaire de la dureté en fonction de la teneur en cuivre, cette diminution étant d'autant plus rapide que le pourcentage en nickel est plus élevé;

*b.* à égalité de teneur en cuivre, augmentation de la dureté en fonction de la teneur en nickel, variation non linéaire et d'autant plus rapide que la teneur en nickel est plus basse; ce durcissement s'atténue quand la teneur en cuivre s'élève;

La dureté Brinell des maillechorts industriels recuits peut ainsi s'exprimer, de manière assez approchée, par la formule

$$\Delta = 81 + \left[20 - \frac{1}{3}(\mathrm{Ni} - 22)^2\right]\frac{65 - \mathrm{Cu}}{10}.$$

A l'emboutissage, la charge et la flèche de rupture présentent généralement et respectivement un maximum et un minimum pour une certaine teneur en nickel: par exemple à 17-18 pour 100 de nickel pour 57,5 pour 100 de cuivre.

5° Enfin, les maillechorts, sont extrêmement sensibles à l'homogénéisation après coulée. Les maillechorts industriels sont constitués d'une solution solide unique, mais à l'état brut de coulée on observe une structure dendritique des plus marquées qui ne disparaît qu'après un recuit prolongé à température suffisamment élevée. L'influence de l'homogénéisation initiale a une répercussion profonde sur toute la suite des traitements; par exemple, si l'on part d'un lingot de $35^{\mathrm{mm}}$ d'épaisseur et qu'on l'amène à $20/10^{\mathrm{mm}}$ après toute une série de laminages et de recuits ordinaires, et si l'on recuit dans les mêmes conditions, en fin d'élaboration, deux tôles dont les préparations diffèrent seulement par l'homogénéisation ou la non-homogénéisation initiale, on peut obtenir deux structures nettement différentes, la première à grains fins équiaxes nettement formés, la seconde au contraire encore des

(1) *Revue de Métallurgie*, Mémoires, 25, 1928, p. 155.

plus fibreuses sans cristallisation visible. L'influence du phénomène est des plus accentuées sur toutes les propriétés touchant la malléabilité.

De tels retards à la recristallisation, nettement plus intenses que dans les laitons, ne sont pas seulement le fait de la mauvaise conductibilité thermique des maillechorts; il y a là un phénomène inhérent à la composition et qui a sa répercussion dans la bonne conduite des traitements industriels.

ENERGÉTIQUE CHIMIQUE. — *Potentiels d'ionisation et énergies de formation des molécules non polaires.* Note (¹) de M. **Jean Savard**, présentée par M. J. Perrin.

Dans une précédente Note (²), nous avons proposé la relation empirique suivante :

$$D = 2n.I_m - \Sigma(n_a.I_a) \text{ volts},$$

D, énergie de liaison représentée par une même couche de $2n$ électrons; $I_m$, potentiel d'ionisation de la molécule défini par le principe de Franck et Condon; $I_a$, potentiel d'ionisation de l'atome A qui a fourni $n_a$ électrons de liaison. Nous croyons utile de justifier cette formule nouvelle, dont nous reconnaissons le premier le caractère empirique et surprenant, par des vérifications expérimentales. Les potentiels sont tirés des Mémoires originaux.

*Mol.* $H^2$. — $I_m = 15,7$ V (³); $I_a = 13,54$ V.; $2n = 2$; D (calculée) : 4,32 V. (mécanique ondulatoire : 4,36 V.).

*Mol.* $N^2$. — $I_m = 15,95$ V.; $I_a = 14,48$ V.; $2n = 6$; D (calculée) : 8,8 V. (spectrographie : 8,5 à 9,1 V.).

*Mol.* $C^2$. — $I_m = 12$ V.; $I_a = 11,26$ V.; $2n = 8$; D (calculée) : 5,9 V. (spectrographie : 5,6 à 6,4 V.).

*Mol.* CO. — $I_m = 13,9$ V.; $I_0 = 13,56$ V.; $I_c = 11,26$ V.; $n_c = 4$, $n_0 = 2$; D (calculée) : 11,2 V. (spectrographie : 10,4 à 11,4 V.). En comparant avec la réaction chimique : C (solide) + $1/2\,O^2$ = CO + 1,4 V (⁴), on calcule pour la chaleur de vaporisation L du carbone solide en carbone atome-gaz : 7,2 V.

---

(¹) Séance du 3 janvier 1934.

(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1122.

(³) Le potentiel de 15,3 V., indiqué par les tables, correspond à la formation de l'ion normal, et celui que nous envisageons au départ d'un électron, sans que soit changée la distance primitive des noyaux (Franck et Condon).

(⁴) Les énergies thermochimiques sont calculées en tenant compte du travail représenté par la variation de volume du système.

*Mol.* $CO^2$. — $I_m = 14,4$ V.; $n_c = 4$; $n_0 = 2^4$; D (calculée) : 16 V. En comparant avec la chaleur de combustion du carbone solide, on calcule $L = 6,9$ V. Les valeurs précédemment calculées pour D, au moyen des données thermochimiques, varient de 15,5 à 16,4 V., suivant la valeur adoptée pour L.

*Mol.* $CH^4$. — $I_m = 14,4$ V.; $n_c = 4$; $n_H = 1$ [1]; D (calculée) : 16 V. (thermochimie : 16 V., en adoptant 7 V. comme valeur de L.).

*Mol.* HCl. — $I_m = 13,8$ V.; $I_{Cl} = 12,96$ V. (Mulliken); $n_{Cl} = 5$; $n_H = 1$; D (calculée) : 4,46 V. (spectrographie : 4,44 V.; thermochimie : 4,45 V.).

*Mol.* $Cl^2$. — $I_m = 13,2$ V.; $2n = 10$; D (calculée) : 2,4 V. (spectrographie : 2,47 V.; thermochimie : 2,3 à 2,46 V.).

*Mol.* $SO^2$. — $I_m = 13,3$ V.; $I_s = 10,3$ V.; $n_s = 4$; $n_0 = 2^4$; D (calculée) : 10,96 V. (spectrographie et thermochimie : 10,9 V.).

En comparant avec l'énergie de la réaction : $1/2\,S^2 + O^2 = SO^2 + 3,6$ V., et connaissant (voir ci-dessous) l'énergie de formation de la mol. $O^2$, soit 5,1 V., on calcule immédiatement l'énergie de formation de la mol. $S^2$ à partir des atomes gazeux. On trouve : 4,4 V., en excellent accord avec la spectrographie : 4,36 V.

Soit, d'autre part, $S^n$ la composition de la vapeur de soufre obtenue par vaporisation à la pression normale. La chaleur de vaporisation est, dans ces conditions, de 0,13 V. Elle correspond à la transformation : S (solide ou liquide, car la chaleur de fusion peut être négligée) $= 1/n\,S^n$. Soit $x$ l'énergie de la dissociation : $1/n\,S^n = S$ (atome gaz). On sait enfin que la chaleur de combustion du soufre solide est de 3 V. Donc, on a l'équation $(10,9 - 5,1) - 0,13 - x = 3$. D'où $x = 2,67$ V. Or on sait que : (*a*) $1/2\,S^2 = S - 2,2$; (*b*) $1/6\,S^6 = S - 2,6$; (*c*) $1/8\,S^8 = S - 2,7$ V. La vapeur de soufre est donc principalement formée de molécules $S^6$ et $S^8$.

*Mol.* HCN. — $I_m = 14,8$ V.; supposons que le radical CN puisse se représenter par le symbole $-(C^{+3}N^{+3})^{-6}$. L'atome de carbone est lié à l'hydrogène par son quatrième électron. Le potentiel $I_m$ observé correspond à la liaison H — C. En effet, on calcule alors :

$$\text{liaison}(H - C) = 2I_m - I_c - I_H = 4,8\ \text{V}.$$

Admettons, en première approximation, que l'énergie de la liaison C — N soit la même dans HCN que dans $C^2N^2$, c'est-à-dire de 7,9 v. (voir ci-après). On a alors : D(HCN) = 12,7 V. En comparant avec la réaction chimique : $H^2 + N^2 + 2C(\text{solide}) = 2HCN - 2,1$ V., on calcule de nouveau : $L = 7,1$ V., en bon accord avec les précédents résultats.

---

[1] Pour chaque atome. Donc $2n = 8$.

*Mol.* $C^2N^2$. — $I_m = 13,5$ V.; si ce potentiel correspond à la liaison C — C, l'énergie de celle-ci est de : $2(I_m - I_c) = 4,5$ V. Connaissant l'énergie de la réaction chimique : $2C(\text{solide}) + N^2 = C^2N^2 - 2,84$ V., ainsi que L, nous tirons immédiatement $D(C^2N^2) = 20,3$ V. L'énergie de liaison C — N est donc : $D(CN) 1/2(20,3 - 4,5) = 7,9$ V., en bon accord avec les valeurs spectrographiques qui varient de 7,7 à 8,1 V.

*Mol.* $O^2$. — Nous considérons cette mol. comme spéciale, car la spectrographie et l'expérience directe de bombardement électronique fournissent pour $I_m$ des résultats discordants.

La spectrographie propose en effet des valeurs voisines de 13,5 V. L'expérience directe a au contraire trouvé tout un ensemble de valeurs dont la meilleure est 16,1 V. Celle-ci correspond exactement à un oxygène monovalent dans sa mol. En effet, on calcule alors $D(O^2) = 5,08$ V., alors que la valeur spectrographique la plus exacte est 5,1 V.

L'oxygène est le premier atome rencontré dont la valence n'est pas la même dans la mol. et dans les composés. Dans ceux-ci, il est jusqu'à présent toujours divalent. De nombreux arguments physiques appuient d'ailleurs l'hypothèse de la monovalence de l'oxygène dans sa molécule

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'électrolyse des silicates fondus et la préparation du silicium et des siliciures.* Note de MM. **L. Andrieux** et **M. Dodero**, présentée par M. Georges Urbain.

L'un de nous [1] a montré que l'électrolyse des borates et des oxydes métalliques dissous dans l'anhydride borique ou les borates fondus constitue une méthode de préparation du bore et des borures.

Nous nous sommes proposé de rechercher dans quelle mesure on peut préparer le silicium et les siliciures d'une façon analogue, c'est-à-dire par électrolyse des silicates ou des oxydes métalliques dissous dans les silicates fondus.

Nous exposons ici les résultats obtenus dans l'électrolyse du silicate de lithium.

Dans un moufle vertical, chauffé électriquement, on place un creuset de charbon servant d'anode, dans l'axe duquel on dispose une baguette de fer, constituant la cathode.

---

[1] L. Andrieux, *Ann. Chimie*, 10e série, 12, 1929, p. 423-507.

Les bains sont obtenus par mélange intime de silice précipitée sèche et de carbonate de lithium, dans diverses proportions. Difficilement fusibles, ces bains ne peuvent être électrolysés qu'au-dessus de 1100° et ne donnent que peu de produit, la température étant trop élevée. Mais si l'on ajoute à ces mélanges des sels halogénés, on obtient des bains stables, qui se laissent électrolyser à plus basse température et donnent un produit cathodique abondant. Ce produit apparaît sous forme d'un globule liquide à l'extrémité de la cathode et se met à flotter dans le bain quand on soulève celle-ci. On peut le pêcher avec une petite spatule en fer. Il se solidifie immédiatement et forme une boule de 7 à 8$^{mm}$ de diamètre. La cassure de cette boule est métallique et cristalline.

Voici les résultats de quelques expériences, parmi les plus caractéristiques, dans lesquelles nous avons opéré avec une intensité d'environ 25 ampères sous une différence de potentiel d'une dizaine de volts :

| | | | Silicium °/0 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | libre | combiné | | | |
| Nº de l'essai. | Composition moléculaire du bain. | Température moyenne. | cristallisé. | à Li. | à Fe. | Li °/0. | Fe °/0. |
| 1. | $2SiO^2.Li^2O + 6FLi$ | 950° | 46,8 | 30,7 | 2,6 | 17,0 | 2,6 |
| 2. | » | 950 | 24,1 | 55,5 | 0,7 | 17,8 | 0,7 |
| 3. | $SiO^2.Li^2O + 2FLi$ | 920 | 6,4 | 61,8 | 0,8 | 26,3 | 0,8 |
| 4. | $SiO^2.Li^2O + 4FLi$ | 900 | traces | 58,8 | 1,7 | 34,4 | 1,7 |
| 5. | $SiO^2.Li^2O + 6FLi + ClLi$ | 800 | 4,6 | 55,2 | 2,5 | 35,0 | 2,5 |
| 6. | » | 800 | 3,1 | 54,3 | 0,5 | 35,9 | 0,5 |
| 7. | » | 800 | 0 | 48,6 | 1,8 | 36,4 | 1,8 |

Les produits obtenus sont donc des alliages silicium-lithium contenant du silicium cristallisé, du silicium combiné au lithium et du silicium combiné à une petite quantité de fer provenant de la cathode.

D'une façon générale, la proportion de silicium cristallisé diminue lorsque la température s'abaisse et devient très faible si l'on emploie une cathode refroidie par circulation d'eau (essais nos 3 à 7); en même temps l'alliage prend des propriétés remarquables; il s'enflamme à l'air et brûle avec une lumière éblouissante dès qu'on le sort du bain.

Nous avons pu retirer ce produit à l'abri de l'air en l'aspirant au moyen d'un tube de verre Pyrex. Il se solidifie rapidement à l'intérieur du tube et, après refroidissement, on obtient les échantillons sous forme de petits bâtonnets. Malgré les précautions prises, nous n'avons pu éviter une oxydation partielle du produit.

Celui-ci présente, dans l'ensemble, les propriétés du siliciure que Moissan a préparé, en chauffant dans le vide un mélange de silicium et de lithium. Comme ce siliciure, le produit que nous avons obtenu a une couleur violette; il s'oxyde très facilement; légèrement chauffé il s'enflamme spontanément; l'air humide le désagrège, l'eau et les acides étendus le décomposent avec violence en donnant un dégagement gazeux spontanément inflammable.

Si l'on calcule, dans les essais 5, 6, 7, faits aux plus basses températures, les poids de silicium et de lithium combinés entre eux, on trouve des nombres qui sont voisins de ceux de Moissan :

| | Essais. | | | Calculé |
|---|---|---|---|---|
| | N° 5. | N° 6. | N° 7. | pour $Si^2Li^6$ |
| Si................. | 61,2 | 60,2 | 57,2 | 57,15 |
| Li................. | 38,8 | 39,8 | 42,8 | 42,85 |

Pour obtenir des produits de composition constante, nous avons essayé d'opérer au-dessous de 600°, température de dissociation du siliciure de Moissan; mais les bains sont alors devenus pâteux et nous n'avons recueilli que du lithium.

Ces résultats nous amènent à penser que les réactions cathodiques sont les suivantes : le lithium (seul cation) est libéré par réaction primaire; il réduit la silice en donnant du silicium; ce silicium se combine à du lithium ultérieurement séparé pour former un alliage qui, aux températures les plus basses, se rapproche du siliciure décrit par Moissan.

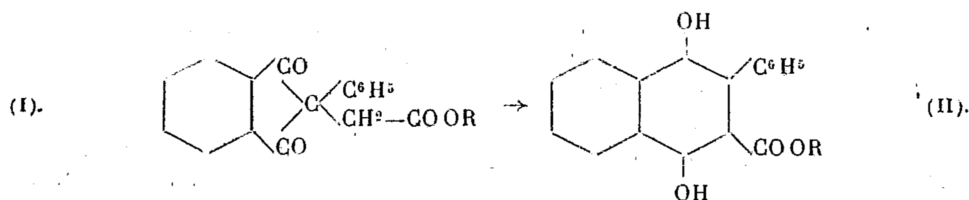
En résumé, les recherches précédentes nous ont permis de mettre en évidence le mécanisme de la décomposition des silicates et la possibilité de préparer électrolytiquement le silicium et les siliciures par réactions secondaires cathodiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérisation de quelques dérivés 2.2-disubstitués de l'indanedione.* Note de M. **G. Gheorghiu**, présentée par M. Delépine.

On connaît, dans le domaine de la Chimie organique, des cas assez nombreux de transformation de noyaux par la modification du nombre des atomes de carbone qui les constituent. En général, les noyaux qui se transforment ont tendance à passer à une forme d'équilibre plus stable; pour

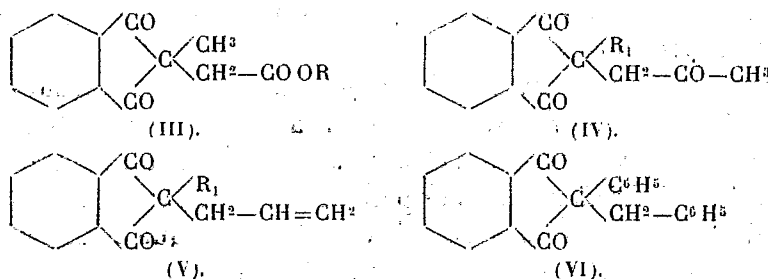
lesquels la tension entre les atomes de carbone est minima : des noyaux en $C^3$ on passe aux noyaux en $C^4$; des noyaux en $C^4$, aux noyaux en $C^5$; des noyaux en $C^6$, aux noyaux en $C^5$; etc. Beaucoup plus rares sont les cas, simples et nets, de transformation inverse des noyaux à tension bayerienne plus petite à d'autres avec une tension plus grande; on connaît cependant, dans cette direction, quelques cas bien étudiés.

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons fait connaître une transformation de ce genre, en passant d'un noyau en $C^5$ à un autre en $C^6$, dans le cas des esters méthylique et éthylique de l'acide 2-phényl-(indanedion-1.3-yl)-2-acétique (I). Cette transformation s'effectue sous l'influence de l'alcoolate de sodium parfaitement anhydre en atmosphère d'hydrogène, et conduit à un dérivé du naphtalène (II), d'après le schéma suivant :




La réaction ci-dessus présentant un certain intérêt, j'ai cherché à l'étendre aussi à d'autres substances similaires, en étudiant les divers facteurs qui peuvent l'influencer.

Pour qu'une telle isomérisation soit possible dans la série de ces dérivés 2.2-disubstitués de l'indanedione, il est nécessaire qu'au moins un des substituants possède un groupement méthylénique : —$CH^2$—. C'est pour cette raison que j'ai fixé, pour le moment, mon choix sur les substances suivantes ([2]) :




(R, le radical méthyle ou éthyle; $R_1$, le radical méthyle ou phényle).

([1]) D. Radulescu et G. Gheorghiu, *Ber. d. chem. Ges.*, 60, 1927, p. 186.

([2]) Plusieurs de ces substances sont nouvelles; la description de leurs synthèses et de leurs propriétés sera faite ailleurs.

On connaît déjà, par la Note précédente, le rôle que la masse du substituant joue dans ce processus d'isomérisation; en effet, l'isomérisation de l'ester éthylique de l'acide 2-phényl-(indanedion-1.3-yl)-2-acétique se fait plus facilement que celle de l'ester méthylique correspondant.

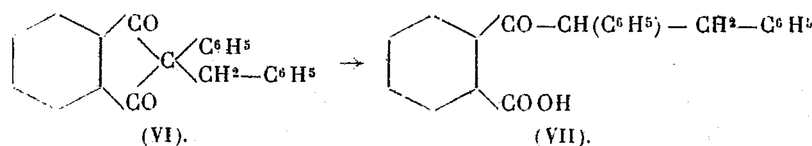
Dans les cas étudiés à présent nous avons fait les observations suivantes :

A. Pour les substances du type (III), on fait les mêmes observations en ce qui concerne la masse du substituant; en plus, on doit considérer sa nature. En effet, le radical phényle est remplacé par le radical méthyle. Ce changement de la nature du radical est marqué par quelques difficultés qui s'observent dans la marche de l'isomérisation qui, dans ce cas, n'est plus si nette; d'autre part, même l'isolement et la purification des produits formés sont plus difficiles.

B. Pour les substances du type (IV), quand le substituant $R_1$ est le radical phényle, l'isomérisation se fait avec une extrême facilité, l'atmosphère d'hydrogène n'étant même plus nécessaire; quand le substituant $R_1$ est le radical méthyle, l'isomérisation se fait assez difficilement, son rendement est très réduit et la purification du dihydroxydérivé naphtalénique est pénible.

C. Pour les substances du type (V), où l'on rencontre à l'un des substituants une double liaison, l'isomérisation ne se fait que si l'autre substituant est le radical phényle; le dérivé naphtalénique obtenu est huileux. Quand le substituant $R_1$ est le radical méthyle, il n'est pas possible de séparer une substance définie.

D. Pour les substances du type (VI), on n'arrive plus à déterminer l'isomérisation; dans les conditions de l'expérience, on constate l'ouverture du noyau indanedionique et l'on obtient l'acide 2-(2.3-diphénylpropionyl)-benzoïque (VII) :




En résumant toutes les observations faites jusqu'à présent, je me crois donc autorisé à affirmer :

1° dans le processus d'isomérisation des indanediones 2.2-disubstituées, la masse et la nature des substituants jouent des rôles importants;

2° pour que le processus d'isomérisation ait lieu, il ne suffit pas qu'un des deux substituants de l'indanedione possède un groupement méthylénique directement lié à la molécule, mais il est nécessaire que ce même substituant possède aussi un groupement à caractère négatif : une fonction ester, un groupement carbonyle, une double liaison, etc.;

3° en ce qui concerne l'influence du deuxième substituant, on remarque que pour les substituants de nature arylique l'isomérisation se fait, en général, dans de bonnes conditions; lorsque, au contraire, la nature du

substituant est alcoylique, plus sa masse est grande, mieux se fait l'isomérisation.

Les détails expérimentaux relatifs à cette Note paraîtront ailleurs. L'étude des isomérisations dans cette série sera poursuivie.

GÉOLOGIE. — *Sur la transgression tertiaire qui a recouvert la partie orientale de la Guadeloupe.* Note de M. **L. Barrabé**, présentée par M. H. Douvillé.

Tandis que la Guadeloupe proprement dite et les Saintes sont constituées presque en totalité par des formations volcaniques, la Grande Terre, Marie Galante et la Petite Terre sont en majeure partie ou en totalité sédimentaires et la Désirade, ainsi que je l'ai montré dans une Note récente ([1]), est formée d'une couverture sédimentaire recouvrant partiellement un socle éruptif crétacé ou éocène. Ce socle, qui n'est pas connu dans le reste de l'archipel, existe certainement cependant au-dessous de la Guadeloupe s. str., puisque des blocs de diorite quartzifère, provenant des formations de projection volcanique, y ont été signalées par M. A. Lacroix. D'autre part, j'ai observé dans les plaines latéritiques qui s'étendent dans le Nord-Est de la Guadeloupe proprement dite et dans l'Ouest de la Grande Terre, de part et d'autre de l'isthme qui relie ces deux îles, la présence, sur de grandes surfaces, de quartz dihexaédriques corrodés extrêmement nombreux. Bien que de tels quartz aient été aussi signalés par M. A. Lacroix dans des argiles dérivant de la décomposition de labradorites, notamment au sommet de la Soufrière, leur abondance ici, dans des latérites qui ne sont certainement pas alluviales, ne permet pas d'attribuer à celles-ci une telle origine. Indiscutablement, ces latérites dérivent en partie de roches riches en quartz dihexaédriques corrodés, c'est-à-dire de microgranites, de microdiorites quartzifères, de rhyolites ou de dacites. Or de telles roches sont à peu près inconnues dans les formations volcaniques qui constituent le massif montagneux de la Guadeloupe s. str. Selon toute vraisemblance elles dérivent du socle ancien où les roches éruptives à quartz libre dominent, ainsi que je l'ai montré antérieurement.

Le socle éruptif ancien affleure donc probablement sur une grande étendue entre la Guadeloupe s. str. et la Grande Terre, mais son état

([1]) L. Barrabé, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 487.

d'altération le rend méconnaissable. Tandis que dans la Guadeloupe s. str. ce socle est recouvert vers l'Ouest par d'épaisses formations volcaniques néogènes et quaternaires, il est surmonté vers l'Est, dans la Grande Terre, par des sédiments marins. Ceux-ci toutefois sont souvent séparés de leur substratum par des coulées labradoritiques presque totalement latéritisées.

La couverture de sédiments marins, surtout calcaires, s'étend comme je l'ai indiqué ci-dessus, sur toute la partie orientale de l'archipel. Cette disposition est connue depuis longtemps, mais l'âge de la transgression marine et de la base de la série sédimentaire n'a jamais été précisé; on s'accorde seulement pour les rapporter au Miocène.

Dans la région des Abymes, sur le bord oriental de la plaine latéritique occupant l'Ouest de la Grande Terre, des tufs volcaniques marins constituent le niveau de base de la série transgressive. En deux points, à l'extrémité sud du bourg et à 1$^{km}$ plus loin, vers le Sud-Est, ces tufs sont très fossilifères et m'ont fourni en particulier, en grande abondance et en parfait état de conservation, *Asterigerina angulata* Cushman, espèce caractéristique de l'Oligocène supérieur de Saint-Domingue (Aquitanien). Des Amphistéginidés nombreuses se rencontrent aussi dans les calcaires superposés à ces tufs et, malgré un moins bon état de conservation, elles paraissent se rapporter en partie au moins à la même espèce.

D'autre part, dans une boutonnière anticlinale de ces calcaires, au Sud-Ouest de Pointe-à-Pitre, près du Gozier, affleurent des tufs analogues à ceux des Abymes, passant aux calcaires qui les surmontent par l'intermédiaire d'un épais niveau de sables à éléments éruptifs. Ces sables sont très riches en *Pecten ventonensis* Woodring dont le type a été recueilli dans l'Oligocène supérieur (Aquitanien) de Cuba. Des Astérigérines semblables à celles Abymes, mais plus petites, sont associées à ce *Pecten*.

Il me paraît donc certain que *la transgression, qui a recouvert le socle éruptif crétacé ou éocène dans toute la partie orientale de l'archipel de la Guadeloupe, date de l'Aquitanien*, c'est-à-dire du Miocène inférieur (dans son acception généralement adoptée par les géologues français). Les calcaires qui surmontent les formations détritiques de base sont vraisemblablement en grande partie du même âge, mais leur extension vers l'Ouest paraît plus grande, car on en observe des fragments nombreux à la surface de la Plaine latéritique du Nord-Est de la Guadeloupe s. str., jusqu'au Nord de Petit-Bourg et même dans la région de Sainte-Rose. Enfin, un petit lambeau de calcaires du même âge probablement, car il contient des Amphisteginidés, affleure dans l'extrême Sud de cette île, entre Trois-Rivières et Vieux-Fort.

LITHOLOGIE. — *Comportement, en leur gîte, des émeris de Samos.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. L. Cayeux.

J'ai montré (¹) que la texture des émeris de l'archipel grec mettait en évidence les caractères pétrographiques d'anciennes bauxites transformées par métamorphisme. L'étude, sur place, des émeris de Samos vient corroborer l'assimilation de ces roches aux bauxites.

Sur les pentes du vallon qui aboutit à la baie de Micra Lacca, à l'Est de Vathi, on voit affleurer, dans les cipolins, deux lambeaux de couches d'émeris superposées, dont la plus forte puissance atteint six mètres. La partie de ces couches qui a été l'objet d'un début d'exploitation se comporte entre le mur et le toit du gîte de la manière suivante :

A partir du mur, les trois quarts de la couche sont faits d'un minerai homogène dont la teinte est le bleu noir d'acier. Ce minerai a la texture caractéristique que j'ai décrite (¹) : on y voit les vestiges de pisolites; la roche sans corindon (c'est un mauvais émeri) est faite de diaspore et chargée de mica blanc et d'oxydes de fer.

Il y a passage, dans le quart supérieur de la couche, vers le toit, à un minerai bigarré formé de la combinaison de parties claires et de parties foncées; ces dernières faisant souvent « nodules » dans les premières. Les parties claires sont peu ou pas ferriques, les parties foncées le sont essentiellement. Des vestiges de pisolites marquent identiquement les unes et les autres. L'ensemble est encore à diaspore; on y voit du mica, du chloritoïde et un peu de kaolinite.

Au toit même le minerai bariolé devient argileux, tout en restant micacé. La roche contient encore un peu de diaspore et de chloritoïde, mais elle est surtout kaolinique; on n'y voit plus de pisolites.

Le toit proprement dit, formé d'un banc de calcaire spathique, repose directement sur la roche argileuse. Il supporte par places un complexe où l'on voit le mélange de calcaire spathique et de phyllites micacées et kaoliniques, et que surmontent définitivement les cipolins.

D'autre part, en des points favorables, on observe des ancrages du minerai (du type bleu noir) dans le mur.

---

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 75.

Les conditions de gisement que je viens d'indiquer sont précisément celles de la plupart des bauxites. L'ancrage dans le mur, le minerai d'abord homogène, puis son bariolage vers le toit, et le passage à une argile tenant encore de l'alumine non silicatée sont des caractères qu'on retrouve en des gîtes classiques de bauxites tels que ceux des Alpilles ou du Var. On peut assimiler les types décrits aux bauxites de fond de gîtes, aux bauxites de déferrification du sommet des gîtes, aux argiles bauxitiques superficielles.

L'analyse chimique vient d'autre part étayer les raisons d'identifier en leur gîte ces émeris aux bauxites. La proportion de $TiO^2$, 3, 5 pour 100, (rutile) est parfaitement identique à celle qui caractérise la plupart des bauxites. La proportion globale de fer, compté en $Fe^2O^3$, 24 pour 100, est encore de l'ordre de celle d'un grand nombre de bauxites. L'émeri bariolé qui, dans l'ensemble, contient autant de fer que l'émeri homogène représente une bauxite de déferrification qui fut originellement plus ferrique que la bauxite profonde, réalisant ainsi un cas souvent observable (par exemple : bauxites du Recoux, Var).

Envisagées en tant que bauxites ces roches, maintenant métamorphiques, se classeraient comme *bauxites ferriques siliceuses; mégasiliceuses* quant à la roche kaolinique du toit. Celle-ci met en évidence 63 pour 100 de produits phylliteux (dont 31 pour la kaolinite) contre 19 pour 100 de diaspore; tandis que ce dernier entre pour 53 et pour 48 pour 100 dans la composition des types homogènes et bariolés.

J'ajouterai que les bauxites dont dérivent les émeris de Samos eurent à subir un écrasement de leurs pisolites, et des nodules ferriques des types bariolés, antérieurement à la production des minéraux qui donnent à ces roches leur caractère actuel. C'est avant qu'elles devinssent *émeris* que les bauxites originelles ont enregistré les principales actions dynamiques qu'elles ont supportées. Mais, dans l'émeri même, des fentes se sont produites où les minéraux de la masse ont largement cristallisé.

Les deux niveaux d'émeris de Samos se retrouvent d'autre part à Naxos où le métamorphisme, poussé plus loin, a permis la production du corindon qui fait de l'émeri de cette seconde île un matériau de qualité. Les conclusions tirées de l'étude en gisement des roches de Samos s'étendent alors naturellement aux roches de Naxos; et nous en concluons que, *géologiquement* et *minéralogiquement*, les émeris de l'archipel grec se comportent comme d'anciennes bauxites.

PALÉONTOLOGIE. — *Répartition et valeur stratigraphique de* Nummulites lævigatus *Brug. sp. dans l'Éocène égyptien.* Note de M. **J. Cuvillier**, présentée par M. H. Douvillé.

La première allusion à la présence de *Nummulites lævigatus* Brug. sp. dans le Nummulitique égyptien est faite, en 1897, par Fourtau (¹) qui signale ce fossile dans les couches surmontant, au Gebel Mokattam, le banc à *N. gizehensis* Forsk.

En 1913, Boussac (²), à qui un court séjour en Égypte a permis les intéressantes récoltes déposées au laboratoire de géologie de la Sorbonne et une importante Note sur la stratigraphie de l'Éocène de ce pays, cite, à son tour *N. lævigatus* dans les couches à *N. gizehensis* qui viennent passer, en bordure du Désert libyque, à la partie supérieure du plateau, sous les pyramides de Guizeh; bien que je n'ai pas retrouvé ce fossile dans la localité où l'a rencontré Boussac, et où ne sont pas rares les échantillons de *N. uroniensis* A. Heim, je ne saurais mettre en doute les déterminations faites par ce géologue qui fut un expert particulièrement qualifié en matière de Nummulites.

Il est de nouveau question de *N. lævigatus* dans une coupe des sédiments qui forment le Gebel Mokattam à l'est du Caire où j'ai (³), en effet, retrouvé de rares exemplaires de cette espèce vers la partie supérieure de la « pierre à bâtir » puissamment développée dans cette localité classique; le niveau où cette Nummulite a été recueillie, un peu plus récent que la couche à *N. gizehensis*, celui où l'avait antérieurement mentionnée Fourtau, appartient encore, ainsi que le niveau à grandes Nummulites lui-même, au lutétien supérieur.

Le troisième gisement où notre espèce a pu être identifiée, représentée d'ailleurs par sa génération mégasphérique, *N. Lamarcki* d'Archiac (et non Brongn.), appartient à une localité voisine de l'Ouadi Sannour, le Gebel Oum-el-Auwizeh situé dans le Désert arabique à la hauteur de Maghaga; elle y est signalée par Blanckenhorn (⁴) en compagnie de *N. gizehensis*, donc à un niveau qui paraît à peu près constant.

---

(¹) R. Fourtau, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3ᵉ série, 25, 1897, p. 208-211.

(²) J. Boussac, *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 4ᵉ série, 13, VII, 1913, p. 63-65.

(³) J. Cuvillier, *Bull. Inst. Eg.*, 6, 1924, p. 93-102.

(⁴) M. Blanckenhorn, *Ægypten. Handbuch d. Region. Geol.*, Heidelberg, 7, 9 abt., 1925, p. 85.

Au cours d'une rapide excursion dans l'Oasis de Mouellah (Désert libyque), j'ai eu l'occasion de récolter récemment un exemplaire certain de *N. lævigatus* (1); il se trouvait inclus parmi les matériaux que je n'avais pu encore étudier à l'époque où j'ai donné un aperçu assez détaillé de la stratigraphie de cette dépression (2); l'horizon auquel cette Nummulite a été recueillie, bien que se plaçant, comme au Gebel Mokattam, à un niveau légèrement plus élevé que dans dans les deux localités précédemment mentionnées, le plateau des pyramides de Guizeh et les environs de l'Ouadi Sannour, appartient toujours à la partie supérieure de l'Éocène moyen; *N. lævigatus* apparaît, en effet, dans les couches presque terminales des escarpements qui limitent vers l'Est la cuvette de Mouellah en compagnie de Crustacés bien caractéristiques du « Baustein », *Lobocarcinus Paulino-Württembergicus*, *Xanthopsie* cf. *kressenbergicus* V. Mey., et d'autres fossiles du lutétien supérieur. *N. lævigatus* prend ainsi sa place parmi les nombreuses Nummulites qu'a fournies jusqu'alors l'Éocène égyptien; il eût été surprenant, cette espèce nous étant connue de la plupart des régions de bassin méditerranéen oriental, Albanie (3), Palestine (4), Cyrénaique (5), etc., qu'elle ne fût pas aussi représentée dans le Nummulitique égyptien.

En ce qui concerne sa valeur stratigraphique en Égypte, il semble bien dans l'état actuel de nos connaissances, que, à l'inverse de ce qui paraît s'être produit dans le bassin parisien, et, d'une manière plus générale, dans toute l'Europe occidentale, *N. lævigatus* Brug. n'ait fait son apparition dans les eaux égyptiennes de la Mésogée que dans la seconde moitié de la période lutétienne dont elle devient, avec *N. gizehensis* Forsk., *N. Lucasi* D'Arch., et *N. uroniensis* Heim, l'une des formes les plus caractéristiques.

---

(1) Je dois à M. Douvillé la confirmation de ma détermination.

(2) J. Cuvillier, *Bull. Soc. Roy. Géogr. Eg.*, 18, 1932, p. 65-81; *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e série, 2, 1933, p. 177-182.

(3) Mme de Cizancourt, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 30, 1930, p. 195-212.

(4) F. Roman et L. Doncieux. *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 27, 1927, p. 171-173.

(5) A. Silvestri. *Mem. d. Pont. Accad. d. Sc.*, I, *Nuovi Lincei*, 11, 1928, p. 267-272.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La radiation faiblement pénétrante au Pic du Midi.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Ch. Maurain.

L'utilisation d'un appareil pour la mesure de la radiation faiblement pénétrante (d'origine radioactive terrestre), appareil dont j'ai donné une description détaillée [1], m'a donné les résultats suivants :

Les mesures sont faites à point fixe, au Laboratoire d'électricité de l'Observatoire du Pic du Midi (2860$^m$ d'altitude) par une méthode de zéro donnant une précision du millième.

Le volume du vase clos est de 7$^l$.

Les valeurs de l'intensité de la radiation faiblement pénétrante sont exprimées en ions par centimètre cube et par seconde, dans l'air à la pression normale du lieu (540$^{mm}$ de mercure) qui emplit le vase d'ionisation :

| Époque de la mesure. | Durée de la mesure. | Intensité. |
|---|---|---|
| | *Régime d'été.* | |
| 20 juillet 1933 | 36 minutes | 7,136 ions |
| 21 » | 36 » | 6,962 » |
| 26 » | 37 » | 6,822 » |
| 27 » | 37 » | 6,785 » |
| 29 » | 37 » | 6,834 » |
| 30 » | 37 » | 6,797 » |
| 2 août 1933 | 36 » | 6,918 » |
| 9 » | 36 » | 6,660 » |
| 12 » | 36 » | 6,643 » |
| 22 » | 36 » | 6,695 » |
| | *Régime d'hiver.* | |
| 20 novembre 1933 | 27 minutes | 10,565 ions |
| 21 » | 27 » | 9,948 » |
| 22 » | 25 » | 12,342 » |
| 25 » | 25 » | 13,730 » |
| 29 » | 23 » | 12,932 » |
| 21 décembre 1933 | 22 » | 14,401 » |

Si l'on remarque que la valeur théorique de l'ionisation en vase clos, due à la radiation cosmique venant de la voûte céleste, pour l'air à 540$^{mm}$

(1) *C. R. du Congrès des Sociétés savantes*, Toulouse, 1933.

de pression est de 5,3 ions par centimètre cube et par seconde (¹), on déduit les conclusions suivantes des valeurs que je viens de citer :

1° en régime d'été, l'ionisation en vase clos d'origine terrestre, pour l'air à 540$^{mm}$ de pression, aurait la faible valeur de deux ions par centimètre-cube et par seconde.

2° en régime d'enneigement (de novembre à juin) cette ionisation croît avec l'apparition des neiges. En décembre, le nombre d'ions produit par centimètre cube et par seconde, dans l'air à la pression de 540$^{mm}$ de mercure dus à la radiation d'origine terrestre atteindrait la valeur 9.

Ces conclusions sont en accord avec l'existence d'une forte teneur en émanation radioactive de l'air du laboratoire et de l'habitation du Pic du Midi, en régime de neige (²).

D'après de nouveaux résultats obtenus dans les environs du Pic du Midi, il semble que ces phénomènes saisonniers, mis en évidence à l'Observatoire, soient généraux pour les divers pics et crêtes élevés.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la nature et la signification de l'appareil de Golgi*. Note de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. Molliard.

La question de la signification de l'appareil de Golgi est actuellement l'une des plus discutées de la cytologie. Nous avons repris son étude en nous adressant, soit à des Phanérogames (racines de Blé, Ricin, bulbe d'*Allium Cepa*, périanthe de Tulipe), soit à des Champignons (*Endomyces Magnusii* et *fibulifer*, *Penicillium*, Levures, etc.) observés comparativement par les méthodes golgiennes et mitochondriales, ainsi que sur le vivant avec ou sans coloration vitale.

Cette étude nous a permis de confirmer ce que nous avions déjà constaté relativement à l'action des méthodes argentiques (da Fano, Cajal). Ces méthodes peuvent imprégner exclusivement les chromosomes donnant de superbes figures de mitoses ou le chondriome (y compris les plastes) dont elles n'altèrent pas les éléments. Mais dans la règle, l'imprégnation porte seulement sur le système vacuolaire : l'argent se dépose d'une manière homogène dans les vacuoles filamenteuses et réticulaires à contenu colloïdal concentré qui marquent le début de l'évolution du système vacuolaire,

(¹) T.-H. Johnson, *Cosmic Rays* (*J. of the Franklin Institute*, 214, 1932, p. 2206).
(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 494.

donnant à ce dernier l'aspect caractéristique de l'appareil réticulaire décrit par Golgi et Cajal dans les cellules animales; dans les vacuoles plus évoluées, formées par une solution colloïdale diluée, ces méthodes provoquent la précipitation du colloïde sous forme de corpuscules sur lesquels se dépose l'argent. Dans certains stades intermédiaires entre les vacuoles filamenteuses et les grosses vacuoles, les petites vacuoles rondes résultant de l'hydratation des éléments filamenteux présentent parfois l'aspect de dictyosomes, par suite de l'accolement des précipités sur l'un des bords de la vacuole. On obtient donc par les méthodes argentiques des figures du système vacuolaire reproduisant exactement ce que l'on obtient par coloration vitale au rouge neutre. Bien que ces méthodes ne soient pas spécifiques, elles ont donc *une électivité très marquée par le système vacuolaire*, quelle que soit la nature de son contenu.

Les méthodes osmiques (Kolatchev, Weigl), sur lesquelles ont porté plus spécialement nos recherches et qu'on emploie presque exclusivement actuellement, donnent des résultats qui sont loin de correspondre à ceux obtenus par les précédentes. Sauf dans le cas où les vacuoles renferment du tanin qui réduit intensivement l'acide osmique, ces méthodes montrent une électivité particulière pour le chondriome (y compris les plastes) qui s'explique facilement étant donnée sa constitution lipoïdique. Lorsque l'imprégnation n'a pas duré plus de 8 jours, on obtient le plus souvent le noircissement intense des chondriosomes et des plastes qui se présentent avec le même aspect que par les méthodes mitochondriales : il est généralement nécessaire de prolonger l'imprégnation pendant 15 jours pour obtenir le noircissement du système vacuolaire : un traitement suffisant par le permanganate de potassium permet de décolorer le chondriome et de ne laisser subsister que le système vacuolaire : celui-ci se présente alors avec le même aspect que dans les imprégnations argentiques et les colorations vitales. Il est à remarquer enfin que le traitement prolongé par l'acide osmique détermine fréquemment une altération très marquée des chondriosomes et des plastes qui se traduit par la transformation de ces éléments en vésicules prenant tout à fait l'allure des dictyosomes décrits dans les cellules animales, notamment de ceux figurés récemment par Beams et Goldsmith dans les cellules glandulaires de la larve de Chironome; c'est à ces vésicules qu'il faut rapporter les plaquettes osmiophiles décrites dans les cellules végétales par Bowen, puis par Gatenby et ses collaborateurs. Parfois aussi, l'altération se manifeste par l'anastomose des chondriocontes en un réseau rappelant celui de Golgi. Ces méthodes peuvent provoquer

également la vésiculisation des précipités vacuolaires qui eux-mêmes revêtent parfois l'aspect de distyosomes. Les méthodes osmiques donnent souvent, en outre, des résultats très irréguliers, pouvant imprégner exclusivement le chondriome ou le système vacuolaire dans des cellules situées côte à côte.

Si l'on considère qu'il est aujourd'hui démontré que toutes les formations de Golgi décrites dans les cellules végétales appartiennent soit au système vacuolaire (Sanchez y Sanchez, da Cunha, E. V. Scott, Zirckle), soit au chondriome (Drew, Bowen, Gatenby), on est obligé de convenir qu'il n'existe pas dans ces cellules d'appareil de Golgi. Récemment, E. Weier ne pouvant mettre en évidence un appareil de Golgi dans les cellules végétales, mais étant parvenu à imprégner par les méthodes Golgiennes de gros plastes dans *Polytrichum commune* on arrive à conclure que l'appareil de Golgi est représenté dans ces cellules par les plastes. Cette opinion est inacceptable, car les plastes constituent une catégorie de chondriosomes spéciale aux végétaux chlorophylliens et en relation directe avec la photosynthèse caractérisant ces végétaux : ils font complètement défaut chez les Champignons, et les chondriosomes ordinaires aussi bien que les plastes peuvent être imprégnés par les méthodes golgiennes.

Il ressort donc très nettement de notre étude : 1° que les méthodes golgiennes *n'ont aucune spécificité*, mais que les méthodes argentiques montrent une électivité plus grande pour le système vacuolaire et les méthodes osmiques pour le chondriome; 2° qu'il n'existe dans le cytoplasme des cellules végétales aucune autre formation permanente que le système vacuolaire et le chondriome.

Ces conclusions semblent pouvoir s'appliquer aux cellules animales où les formations de Golgi *ne sont pas visibles sur le vivant ni décelables à la microdissection* (Kite et Chambers), *ne peuvent être définies morphologiquement* (Bowen) et *ne sont caractérisées que par leur propriété de se colorer par les méthodes golgiennes* qui, nous l'avons démontré, n'ont aucune spécificité. Il subsiste cependant les dictyosomes des cellules sexuelles dont la signification n'a pas été suffisamment éclaircie, mais qui paraissent être des formations spéciales à ces cellules, n'ayant rien de commun avec l'appareil réticulaire décrit par Golgi.

GÉNÉTIQUE. — *Les plantes diffèrent-elles des animaux par des gamètes léthals?* Note de M. **Albert F. Blakeslee** et M<sup>me</sup> **Sophia Satina**, présentée par M. Blaringhem.

Les animaux et les plantes supérieures, tout en différant dans leurs formes extérieures et leurs métabolismes, sont essentiellement les mêmes en ce qui concerne les mécanismes fondamentaux d'hérédité. Néanmoins on suppose que les plantes peuvent avoir des gamètes léthals, que les animaux n'en ont pas. Selon nous, cette différence supposée repose sur une confusion des termes gamètes et gamétophytes. Nous montrerons *Datura*, aussi que les léthals gamétophytiques sont transmis par les gamètes de mais entraînent la mort des gamétophytes affectés.

Pendant l'été 1930 nous avions plus de 400 plantes provenant de parents femelles normaux. Des grains de pollen mûrs ont été soumis aux rayons du radium par J. T. Buchholz dans les anthères. Parmi les anomalies abondantes obtenues, nous en citerons quatre :

*a.* Le défaut d'un chromosome complet, ou d'un fragment considérable d'un chromosome, fut observé dans 19 individus avec 50 pour 100 de pollen avorté. Parmi les descendants d'une de ces plantes déficientes, 7 avaient 12 paires chromosomiques normales dans les cellules mère de grain du pollen et 20 autres, dont les chromosomes n'avaient pas été étudiés, avaient des bons grains de pollen; une plante déficiente donna 50 pour 100 de pollen avorté. Les 27 descendants montrent donc que le défaut chromosomique n'avait pas été transmis à la deuxième génération.

*b.* 8 plantes à chromosomes bivalents apparemment normaux, mais avec 50 pour 100 de pollen avortés, ont donné chacune plus de 65 descendants sans traces d'avortement du pollen dans la deuxième génération. Les pollens avortés des parents ont pu avoir des chromosomes déficients sans que l'aspect des chromosomes fût modifié; ou bien cet avortement des pollens a pu être produit par des gênes léthals. Quelles que soient les causes de ces 8 cas, elles n'ont pas été héritées.

*c.* Un nombre considérable d'anomalies chromosomiques a été observé; telles que des échanges de segments et des translocations simples. Plusieurs de ces anomalies ont été héritées, mais la plupart pas et il était évident que l'avortement du pollen était lié à l'anomalie des chromosomes et décelait cette anomalie.

*d.* A peu près la moitié des plantes issues de pollens traités au radium avaient un aspect anormal, mais dans la majorité des cas cette particularité disparaissait dans la seconde génération.

Dans ces 4 exemples les anomalies avaient été transmises aux plantes par les pollens traités au radium; elles n'ont pu être transmises de ces plantes à la génération suivante, ni par les pollens par lesquels elles sont entrées, ni par les ovules. On peut en trouver l'explication dans le développement des gamètophytes.

Chez les animaux (*Drosophila*) et chez les plantes (*Datura*) nous trouvons que les divisions reductionnelles sont les mêmes, jusqu'à un certain point : une cellule mère $2n$ se divise deux fois pour produire 4 cellules petites filles à $1n$. Seule 1 de celles-ci est viable dans la tétrade femelle tandis que toutes les 4 sont viables dans la tétrade mâle. Chez les animaux ces cellules $1n$ produisent directement les gamètes mâles et femelles, chez les plantes le stade gamétophytique s'interpose et les divisions se produisent avant que les gamètes soient formés. Trois divisions précèdent la formation de l'oosphère et deux celle des spermes. Pendant la formation des pollens les deux divisions réductionnelles sont suivies d'une troisième division de sorte que le pollen mûr contient deux noyaux. L'un de ces noyaux, végétatif, reste indivis; l'autre, générateur se divise pour former les cellules-spermes mais seulement après la germination du pollen.

Lorsque le radium agit sur le pollen, le noyau générateur reste indivis malgré que la fente des chromosomes, suivant quelques auteurs, ait déjà eu lieu; lorsqu'il se divise chaque facteur léthal, tel un défaut induit par le traitement, doit apparaître dans une cellule-sperme par la séparation des chromosomes. Le sperme ne subit pas d'autre division et, pour cette raison peut-être, il est capable de transmettre le facteur léthal comme on le constate dans nos expériences. Dans le zygote $2n$ le chromosome normal protégerait son compagnon avec le facteur léthal. Après la réduction, c'est probablement l'incapacité de produire la division dans le gamétophyte, ou bien quelque autre défaut fonctionnel, qui empêche les facteurs léthals de quitter la plante pour entrer dans les gamètes.

Les études avec *Datura* confirment cette interprétation. Des plantes qui étaient héterozygotes pour une certaine race sauvage (PT 7) (¹), ont une

(¹) A. D. Bergner, S. Satina et A. F. Blakeslee, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **19**, 1933, p. 103-115; A. F. Blakeslee et J. L. Cartledge, *Mem. N. Y. Hort. Soc.*, **3**, 1927, p. 305-312.

moitié de leurs pollens et de leurs ovules avortés par défaut chromosomique. Les deux premières divisions réductionnelles s'accomplissent régulièrement mais nous n'avons pas trouvé d'autre division dans une moitié des micro-spores. Probablement cette division manque aussi dans une moitié des macrospores. Les léthals sont emprisonnés par le gamétophyte et n'atteignent pas les gamètes.

Nous n'avons pas démontré que les gamètes femelles des plantes peuvent transmettre les léthals, puisque c'est plus difficile de soumettre aux rayons du radium le gamétophyte femelle. Mais notre preuve est nette en ce qui concerne les gamètes mâles. Nous pouvons ainsi répondre négativement à la question de notre titre et dire que ni les plantes ni les animaux n'ont de gamètes léthals, mais que les défauts chromosomiques sont léthals pour les gamétophytes des plantes.

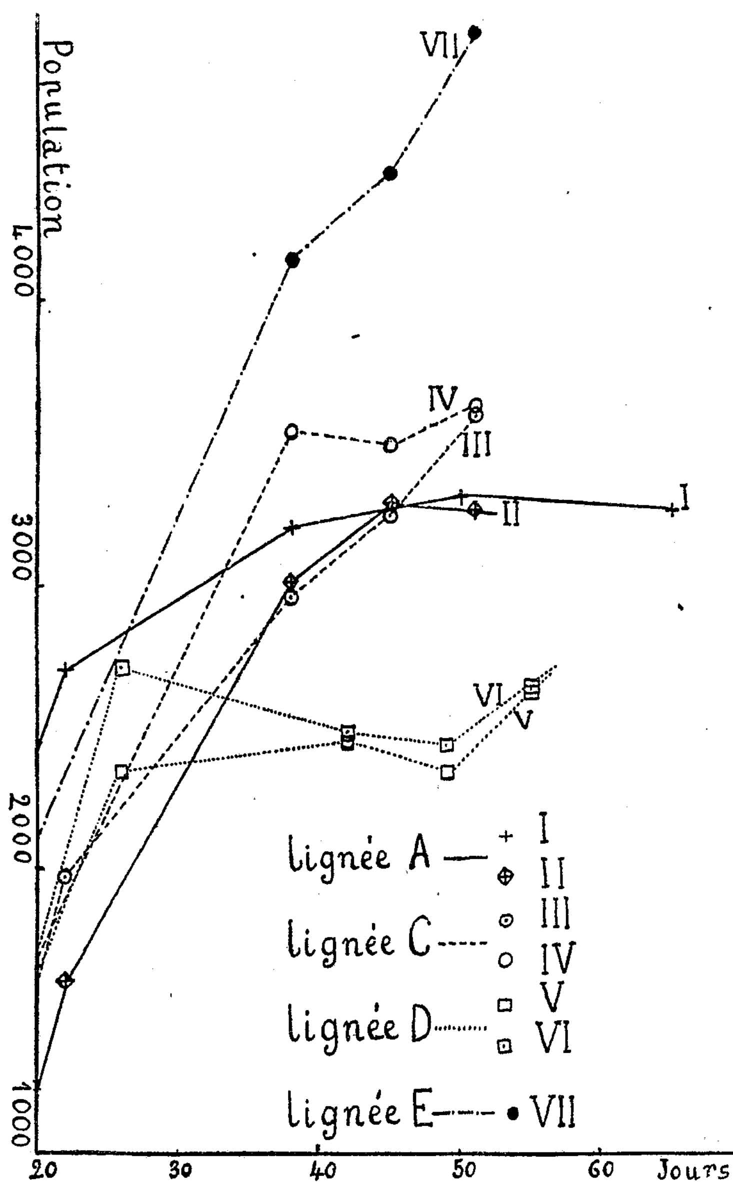
GÉNÉTIQUE. — *Étude démographique comparée de quatre lignées de* Drosophila Melanogaster. Note de M. **Ph. L'Héritier**, présentée par M. Blaringhem.

De nombreuses recherches ont récemment démontré qu'entre les races géographiques, ou les lignées artificiellement isolées, d'une même espèce existaient des différences d'ordre physiologique. C'est ainsi, par exemple, que longévité, fécondité, résistance aux microorganismes pathogènes sont autant de caractères très variables d'une lignée à l'autre. Le grand intérêt de ces recherches vient de la lumière qu'elles sont susceptibles d'apporter à l'étude des problèmes de l'évolution. En effet c'est une opinion banale que les mutations observées ne donnent généralement naissance qu'à des monstruosités absolument incapables d'assurer le progrès évolutif de l'espèce. Mais ces mutations (dont il y a tout lieu de supposer l'existence bien que la petitesse de leurs effets rende leur observation très difficile), qui entretiennent au sein d'une espèce la variabilité physiologique mise en évidence par les mesures, paraissent devoir fournir à la sélection naturelle un matériel plus favorable.

Il m'a donc paru intéressant d'étudier cette variabilité en mesurant un facteur en relation directe avec l'aptitude d'une lignée à la lutte pour la vie : la capacité de peupler un milieu donné. Grâce à une technique d'élevage décrite antérieurement ([1]), il était possible d'étudier

([1]) Ph. L'Héritier et Teissier, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1765.

l'évolution de populations de Drosophiles maintenues en enceinte fermée dans des conditions statistiquement constantes. J'ai appliqué cette tech-




nique à quatre lignées de *Drosophila melanogaster*, type sauvage, morphologiquement identiques : A, C, D, E. Elles tiraient leur origine d'individus capturés sauvages en différents points des États-Unis et dont les descen-

dances avaient été conservées depuis isolément dans divers laboratoires américains qui les utilisaient comme souche sauvage type. Sauf pour la lignée E toutes les expériences ont été faites en double, en sorte qu'au total sept populations ont été étudiées. L'une d'elles (expérience I, déjà publiée) (¹) a pu être conservée pendant 65 jours : laps de temps suffisant pour la succession de plus de six générations de mouches. Les autres durent, pour des raisons fortuites, être abandonnées plus tôt.

L'évolution des sept populations étudiées est représentée à partir du vingtième jour par la figure ci-dessus. On voit pour toutes les races qu'à partir du dixième jour, époque à laquelle les premiers imagos de deuxième génération commencent à éclore, la population augmente rapidement, puis atteint un équilibre où elle se maintient à de légères fluctuations près, imputables peut-être aux erreurs de recensement. Les conclusions que l'étude comparée du graphique permet en outre de tirer sont les suivantes :

1° l'allure de la croissance de la population n'est pas caractéristique des lignées et paraît dépendre des conditions d'ensemencement;

2° quelles que soient les divergences présentées pendant leur croissance les populations de même lignée, elles s'arrêtent au même niveau d'équilibre qui dès lors est caractéristique de la lignée utilisée;

3° les niveaux d'équilibre diffèrent considérablement et ils sont atteints d'autant plus rapidement qu'ils sont moins élevés. La lignée D qui s'est stabilisée autour de 2600 individus avait atteint son équilibre au bout du vingt-cinquième jour, tandis que l'unique population de lignée E étudiée croissait encore au bout de 51 jours d'expérience et avait atteint la valeur de 4900.

PHYSIOLOGIE. — *La valeur réelle du métabolisme purique endogène.* Note (²) de M. **Émile-F. Terroine** et M^lle **Gilberte Mourot**, transmise par M. d'Arsonval.

Nos travaux antérieurs nous ont permis d'affirmer :

1° l'existence d'une formation synthétique des purines aux dépens des déchets protéiques résultant de l'usure des tissus (³);

---

(¹) *Loc. cit.*

(²) Séance du 12 février 1934.

(³) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1424.

2° l'impossibilité d'évaluer la grandeur réelle du métabolisme purique endogène par assimilation de cette grandeur à celle de l'azote purique excrété pendant le jeûne protéique ([1]).

En effet : d'une part, un animal amené au niveau minimum de sa dépense azotée endogène spécifique, par l'octroi d'un régime glucidique strict, rejette une urine dans laquelle l'azote purique représente une part de l'azote total beaucoup plus élevée (10 pour 100 environ chez le rat) que le rapport existant dans l'organisme entre l'azote purique et l'azote total (2 pour 100 environ chez le rat); d'autre part, les tissus ne s'appauvrissent nullement en corps puriques même si le régime glucidique est prolongé jusqu'à provoquer la mort.

Les purines urinaires, dans le métabolisme azoté endogène minimum, sont donc la somme des déchets résultant de l'usure des composés puriques des tissus et des dérivés puriques fabriqués de synthèse à partir de maillons protidiques dont la nature reste à préciser.

Or, pour l'étude de la signification du métabolisme purique, à l'heure actuelle, encore très obscure, il est indispensable de connaître la valeur réelle de ce métabolisme, de savoir quelle part il prend dans l'excrétion purique totale. Pour atteindre cette valeur réelle, nous avons fait appel au procédé déjà employé par nous dans le but de mettre en évidence une synthèse purique au cours de l'inanition, mais en substituant l'inanition protéique à l'inanition totale.

La série des opérations est la suivante : calculer, à l'aide de témoins nombreux, les valeurs extrêmes des quantités d'azote purique que peuvent renfermer les sujets expérimentés (rats); soumettre ces animaux à un régime glucidique abondant jusqu'à un état voisin de la mort, moment auquel on les sacrifie; recueillir les excréta et y doser la totalité des dérivés puriques rejetés (allantoïne, acide urique, bases puriques); déterminer enfin le contenu purique des organismes sacrifiés.

La différence entre les contenus initiaux et terminaux donnera la perte réelle. La différence entre les quantités totales récupérées (excrétées et retrouvées dans l'organisme au moment de la mort) et les quantités perdues fixera la grandeur de la synthèse aux dépens des protéines. Enfin le rapport de l'azote purique perdu par l'organisme à l'azote purique des excréta indiquera la part prise par le métabolisme purique vrai à l'excrétion purique.

---

([1]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 15, 1933, p. 203-234.

La totalité des résultats obtenus, très cohérents, sera donnée ailleurs. Nous donnons ci-dessous quelques exemples.

| Sujet n°. | Poids initial et final. | N purique présent dans le sujet au début, calculé d'après les taux extrêmes des sujets normaux. | N purique trouvé dans le sujet à la fin. | N purique perdu par l'organisme. | N purique rejeté total: Nb pur. | N all. | total. | N purique rejeté — N purique perdu par l'organisme. | N purique perdu par l'organisme / N purique rejeté total × 100. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3... | 197- 95 g | 118-138 mg | 65 mg | 42-58 mg | 43 mg | 205 mg | 248 mg | 206-190 mg | 17-23 |
| 4... | 212- 97 | 127-148 | 70 | 45-62 | 45 | 245 | 290 | 245-228 | 16-21 |
| 6... | 222-107 | 133-155 | 65 | 54-92 | 43 | 272 | 315 | 261-243 | 17-23 |

Ces exemples mettent nettement en évidence l'erreur considérable commise lors de l'assimilation de l'excrétion purique totale au métabolisme purique réel. Ce dernier ne participe en effet à cette excrétion que pour 1/5$^e$ environ de sa valeur.

Le minium de métabolisme purique endogène est donc extrêmement faible. Chez le rat, l'excrétion purique atteignant environ 10 pour 100 du rejet azoté total lors de la dépense azotée minima, l'usure des composés puriques de l'organisme n'intervenant que pour un cinquième, le métabolisme purique réel ne constitue donc qu'un peu moins de 2 pour 100 du métabolisme azoté total.

La considération de cette extrême faiblesse du métabolisme des composés puriques devra donc certainement dominer, dans l'avenir, toutes les recherches poursuivies en vue de dégager les causes essentielles du catabolisme purique endogène.

La séance est levée à 15$^h$ 15$^m$.

A. Lx.

## *ERRATA.*

(Séance du 18 décembre 1933.)

Note de M. *André Blondel*, Observations sur la terminologie dans les découvertes nouvelles :

Page 1555, ligne 16, *au lieu de* suffixe imaginaire *tron*, *lire* suffixe instrumental *tron*.

(Séance du 8 janvier 1934.)

Note de M. *J. Baubiac*, Sur les régimes transitoires dans les liquides et la naissance du régime turbulent :

Page 149, figure 1, lignes 4 et 5 du texte joint à la figure, *au lieu de* Régime non turbulent et Régime turbulent, *lire* Régime permanent non turbulent et Régime permanent turbulent.

(Séance du 22 janvier 1934.)

Note de MM. *W. Broniewski* et *Wesolowski*, Sur la structure des alliages or-cuivre :

Page 371, ligne 8, *au lieu de* entre — 80° et — 100°, *lire* à 0° rapporté au plomb; $2q$, variation du pouvoir thermoélectrique entre — 80° et + 100°.

Page 372, ligne 13, *au lieu de* la figure 1, *lire* la courbe $l_1$ (*fig.* 2); ligne 15, *au lieu de* la courbe 1, *lire* la courbe $l_2$.

(Séance du 29 janvier 1934.)

Note de M^me^ *Hilda Geiringer*, Une méthode générale de statistique théorique :

Page 420, lignes 10 et 14; page 421, lignes 6, 7, 25 et 26; page 422, ligne 1, remplacer les M par des $\mathfrak{M}$.

Page 422, ligne 2, les M doivent être surmontés d'une barre.

Note de MM. *V. Lebedeff* et *G. Choubert*, Nouvelles observations sur les minéraux du bassin du Niari (A. E. F.) :

Page 485, ligne 18, *au lieu de* $a_2$, *lire* $b^{1/2} b^{1/4} g^1$.

(Séance du 5 février 1934.)

Note de M. *Jean Thibaud*, Sur la dématérialisation des électrons positifs :

Page 564, ligne 6, *au lieu de* rétablirait, *lire* établirait.

(Séance du 12 février 1934.)

Note de M. *Marcel Godchot* et Mlle *Germaine Cauquil*, Sur les méthyl-1-cyclohexanols-3 cis et trans actifs :

Page 664, ligne 30, *au lieu de* non obtenu cristallisé, *lire* obtenu difficilement cristallisé, F = 71°.



# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 26 FÉVRIER 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les arséniates d'ammoniaque.*
Note de MM. C. **Matignon** et A. **de Passillé**.

Les arséniates d'ammoniaque ont été préparés à partir d'acide arsénique pur, privé d'acide phosphorique.

*Arséniate monoammonique.* — On l'obtient en longs prismes droits par cristallisation dans une solution chaude et concentrée; ils ne sont pas déliquescents, contrairement aux propriétés qui leur étaient attribuées jusqu'ici. Les cristaux se conservent sans la moindre altération dans une atmosphère humide. Leur densité $d_{4^\circ}^{20^\circ}$ est égale à 2,340 (densités déjà mesurées 2,307, 2,317).

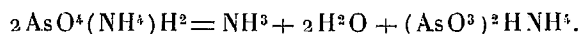
La solubilité augmente rapidement avec la température. 100$^g$ d'eau dissolvent les poids suivants :

| $t$. | | Densité, solutions à 20°. |
|---|---|---|
| 0° | 33$^g$,74 | 1,1814 |
| 20 | 48,67 | 1,2280 |
| 40 | 63,83 | 1,2821 |
| 60 | 83,05 | 1,3464 |
| 80 | 107,25 | 1,4200 |
| 90 | 122,4 | 1,4623 |

D'après Berzelius, cet arséniate se décomposerait à chaud en acide arsénieux et arsenic, l'hydrogène de l'ammoniac jouant le rôle d'un réducteur.

Nous avons constaté qu'en le chauffant progressivement jusqu'à 435°, il

commence à perdre de l'ammoniaque à partir de 300°, puis le dégagement s'active jusqu'aux environs de 375° et le système ne se modifie plus jusqu'à 435°. L'arséniate contient 10,70 pour 100 de $NH^3$, on recueille pendant la décomposition 5,40 pour 100, soit donc la moitié; la teneur du corps résiduaire 6,50 pour 100 (calculé 6,42 pour 100) et la perte de poids correspondent à la formation d'un métaarséniate acide, sans apparition ni d'arsenic ni d'acide arsénieux



$$2\,AsO^4(NH^4)H^2 = NH^3 + 2\,H^2O + (AsO^3)^2H\,NH^4.$$

Ce sel blanc presque insoluble se transforme en orthoarséniate dans l'eau à l'ébullition.

*Arséniate diammonique.* — L'instabilité de ce sel en solution aqueuse en rend la préparation un peu délicate. Nous l'avons obtenu bien simplement en le précipitant par l'alcool de sa solution synthétique fraîchement préparée. Cette solution n'est pas stable, elle perd peu à peu la moitié de son ammoniac pour arriver au sel monoammonique. Au contraire le sel bien desséché se conserve dans l'air sec; sa teneur en ammoniac (19,32 pour 100) ne se modifie pas par un séjour à l'air libre de 4 et 8 mois. Par contre, légèrement chauffé, il perd de l'ammoniac. Maintenu à 50° il est transformé après 75 heures en sel monoammonique stable dans ces conditions.

Nous avons étudié cette décomposition réversible. Voici les pressions d'équilibre dans l'ordre où elles ont été déterminées :

| ° | mm | ° | mm |
|---|---|---|---|
| 55 | 15,8 | 78 | 20,0 |
| 125 | 120,1 | 135 | 196,6 |
| 119,5 | 91,8 | 148 | 496,8 |
| 100 | 43,1 | 157,5 | 1023,4 |
| | | 149,5 | 660,6 |

De la formule de Nernst

$$\log p = \frac{-Q_0}{4,57T} + 1,75 \log T + 3,3$$

on déduit pour $Q_0$ des valeurs oscillant entre 15,4 et 15,7 cal/kg dont la moyenne est de 15,5.

La formule de l'équilibre est donc

$$\log p = -\frac{15500}{4,57T} + 1,75 \log T + 3,3.$$

*Arséniate triammonique hydraté.* — Ce sel qui contient $3H^2O$ précipite

quand on sature d'ammoniaque la solution d'acide arsénique ou des sels précédents. Sa solution perd $2NH^3$ pour aboutir au sel mono; le sel solide perd à l'air ses trois molécules d'eau et une molécule d'ammoniac en laissant le sel diammonique. Les vitesses de ces décompositions ont été mesurées.

*Arséniate triammonique anhydre.* — Nous avons constaté que les arséniates mono ou diammonique absorbaient le gaz ammoniac sous une pression de $8^{atm}$ jusqu'à la formation d'un arséniate triammonique anhydre, dont l'existence était inconnue.

Sous cette pression, la réaction est lente à 20°, plus rapide aux environs de 50°, pour se ralentir aux températures plus élevées. En 12 heures, on obtient l'arséniate anhydre dosant 26,4 pour 100 de $NH^3$. Le corps ainsi préparé se décompose à la température ordinaire en perdant son ammoniac jusqu'à la formation du sel diammonique.

Nous avons étudié sa dissociation :

| t°. | P. | t°. | P. |
|---|---|---|---|
| ° | mm | ° | mm |
| 19 | 9,6 | 18,5 | 8,3 |
| 47,5 | 43,6 | 90 | 539,3 |
| 58,5 | 95,6 | 19 | 9,3 |
| 65 | 141,9 | 100 | 879,0 |
| 72 | 216,6 | 15 | 6,4 |
| 19,5 | 10,0 | 110 | 1682,3 |
| 80 | 339,2 ? | 114 | 2214,1 |
| | | 19 | 9,5 |

La formule de Nernst

$$\log p = -\frac{Q_0}{4,57\,T} + 1,75 \log T + 3,3$$

permet d'obtenir la chaleur dégagée dans la fixation de la troisième molécule d'ammoniac. Les valeurs, obtenues en utilisant les pressions précédentes, oscillent entre 13,0 et 13,1 cal/kg avec une moyenne de 13,07. La formule suivante traduit exactement nos résultats :

$$\log p = -\frac{13070}{4,57\,T} + 1,75 \log T + 3,3.$$

En résumé, nous avons préparé pour la première fois un arséniate triammonique anhydre, étudié sa dissociation et celle du diammonique, et déterminé quelques propriétés du sel monoammonique dont nous avons dérivé un métarséniate nouveau.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le liquide ovarien de la Nielle* (Agrostemma Githago *L.*) *et ses rapports avec le tégument séminal.* Note de MM. **Marin Molliard** et **Robert Échevin.**

La Nielle présente dans son pistil une particularité qui n'a guère attiré l'attention; la capsule de cette plante contient, au moins pendant une partie de son développement, un liquide assez abondant de saveur sucrée. Dans une première récolte de ce liquide, opérée en exerçant une légère pression sur des capsules déjà assez développées et préalablement sectionnées vers leur extrémité stigmatique, nous en avons obtenu un volume voisin de $100^{cm^3}$, correspondant à 816 capsules; conservé dans de l'alcool à 95° il a donné naissance à un précipité d'aspect gommeux; l'ensemble des matières dissoutes dans l'alcool représentait un poids de $4^g$; les cendres pesaient $0^g,166$ et l'on ne pouvait mettre en évidence qu'une très minime quantité d'azote.

Le liquide faiblement acide et fortement actif à l'égard de la liqueur cupropotassique possédait un pouvoir réducteur de $3^g,711$ exprimé en glucose; il donnait naissance à une unique osazone, celle du glucose.

D'autre part après traitement par l'invertine ou par l'acide chlorhydrique à 0,4 pour 100 au bain-marie à 100° le pouvoir réducteur passait de $3^g,711$ à $4^g,172$; le liquide contient donc du saccharose; on ne pouvait d'ailleurs mettre en évidence l'existence de pentoses, de tannins ni de saponine. En évaluant les pouvoirs réducteur et polarimétrique de la solution initiale, puis de cette solution débarrassée : 1° du glucose, par le brome ou par l'action de l'émulsine en présence d'alcool méthylique; 2° du lévulose par traitement pendant 3 heures à l'ébullition par l'acide chlorhydrique à 7,5 pour 100, on arrive pour l'ensemble du liquide récolté à la composition suivante en glucides : glucose $2^g,043$, lévulose $1^g,668$; saccharose $0^g,438$.

Quant à la substance gommeuse précipitée par l'alcool elle pesait $0^g,472$ après dessiccation; reprise par l'eau où elle se redissout presque entièrement elle apparaît comme fortement dextrogyre ($[\alpha]_D = +149°$), n'est pas précipitée par les sulfates de sodium, d'ammonium ni de sodium concentrés, mais au contraire très facilement précipitée par les eaux de chaux et de baryte, ainsi que par les acétates neutre et basique de plomb. Sous l'action de l'acide sulfurique à 2 pour 100 agissant à 120° pendant une heure on

obtient un sucre réducteur dont l'osazone cristallise par refroidissement et présente la forme de la galactosazone; on n'obtient pas la réaction à l'orcine des pentoses avec ce liquide d'hydrolyse.

A la suite de la première récolte dont il vient d'être question nous en avons effectué trois autres correspondant à des stades différents du développement des capsules; dans le stade A le liquide, incolore, était de consistance notable et relativement peu abondant; dans le stade B le liquide était plus abondant, plus fluide, mais encore incolore; enfin le stade C correspondait à un liquide fluide et coloré en brun plus ou moins foncé.

Le tableau suivant nous renseigne sur les variations de la composition des glucides contenus dans 100$^{cm^3}$ du liquide ovarien récolté à ces différents stades :

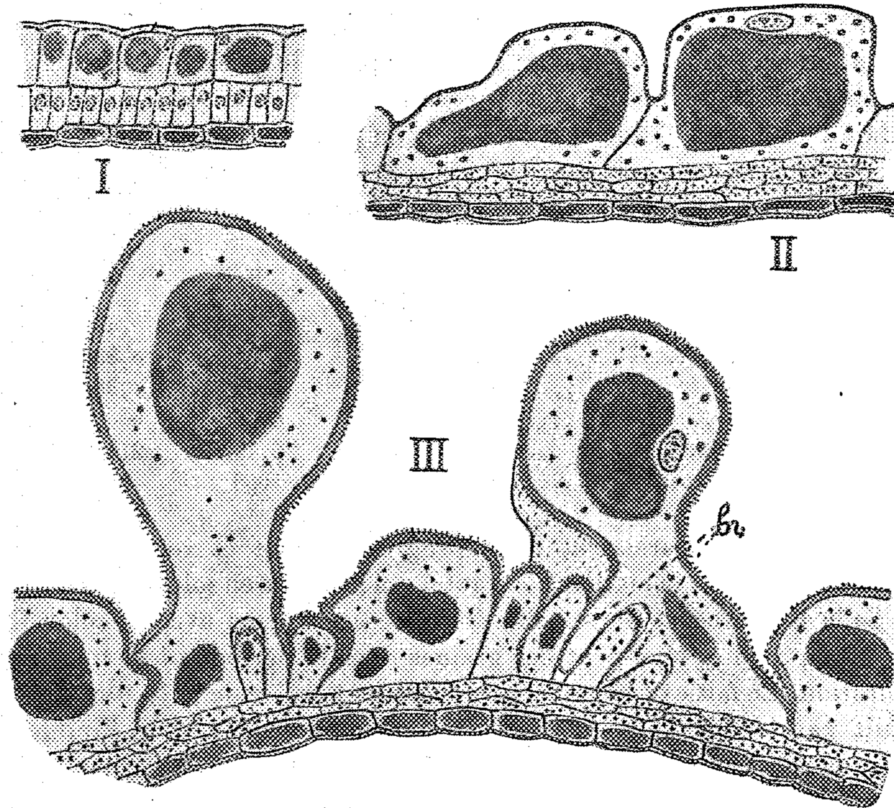
| Stades des développements. | A. | B. | C. |
|---|---|---|---|
| | g | g | g |
| Matière gommeuse | 1,124 | 0,468 | 0,230 |
| Glucose | 2,820 | 3,044 | 0,839 |
| Lévulose | 2,020 | 2,324 | 1,389 |
| Saccharose | 1,140 | 0,360 | 0 |
| Total des glucides | 7,104 | 6,196 | 2,458 |
| Nombre des capsules | 1316 | 896 | 900 |

Les glucides disparaissent donc progressivement et tout d'abord le saccharose; quant à la matière colorante, qui présente en solution alcoolique une belle fluorescence verte, elle doit être en rapport avec la coloration noire que prend le tégument des graines dans la période où se termine la maturation. Le fait exceptionnel que présente l'ovaire de la Nielle et qui se traduit par le développement des graines à l'intérieur d'un liquide est d'autre part à rapprocher de particularités remarquables qui se manifestent au cours de l'évolution des cellules épidermiques externes du tégument.

Chez les graines jeunes le tégument (*fig.* I) présente dans les cellules épidermiques périphériques une grande vacuole se colorant énergiquement par l'hémalun et par le rouge de ruthénium; il s'agit d'une substance colloïdale de consistance gommeuse qui durcit en bloc dans l'alcool absolu et doit être apparentée à celle dont nous avons reconnu l'existence dans le liquide ovarien; l'épiderme interne, à cellules beaucoup plus petites, se colore uniformément par les deux réactifs précédents et présente une cuticule très nette; entre les deux assises épidermiques existe une unique couche de cellules à noyau très apparent.

Au stade de la figure II les cellules de l'épiderme externe se sont fortement développées; la vacuole est devenue très volumineuse et le cytoplasme

qui l'entoure présente un noyau assez gros et de nombreux grains d'amidon de petite taille; l'épiderme interne n'a guère changé d'aspect; l'assise intermédiaire s'est par contre divisée et a constitué un tissu comprenant en moyenne trois couches de cellules riches en amidon.




Sections du tégument séminal de l'*Agrostemma Githago*. — Les figures I et II (G = 300) correspondent à des graines très jeunes de $0^{mm},4$ de diamètre (*fig.* I) ou à des graines de $1^{mm},8$ de diamètre (*fig.* II), la figure III (G = 150) à des graines de $2^{mm},3$ de diamètre. *br*, ramifications de cellules géantes s'insinuant entre les cellules épidermiques restées naines.

Au stade III il s'est effectué une différenciation très spéciale des cellules épidermiques superficielles; toutes présentent une membrane dépourvue de cuticule, hérissée de nombreuses papilles et dont l'épaisseur augmente beaucoup; mais leur sort est assez variable; certaines d'entre elles restent relativement petites, d'autres au contraire prennent un grand développement et arrivent à constituer les sortes de piquants qui garnissent la graine à sa maturité; ces dernières cellules sont disposées suivant des courbes con-

focales par rapport au hile, et leur taille apparaît particulièrement considérable dans les régions correspondant aux méats qui s'établissent du fait de la compression réciproque des graines.

Les cellules épidermiques géantes ne tardent pas à émettre, à partir de leur base des excroissances (*fig.* III, *br*) qui s'insinuent entre les cellules épidermiques ordinaires voisines et arrivent ainsi à les recouvrir ; à un stade plus avancé on observe de la sorte des plages étendues de cellules de petite taille entièrement dissimulées sous des cellules géantes qui s'étalent audessus d'elles; d'autre part les cellules géantes arrivent, au cours de leur développement, à émettre des digitations de même nature que les précédentes et par lesquelles elles s'engrènent entre elles, de sorte qu'on aboutit, pour l'épiderme externe, à une structure assez complexe dont il est bien tentant de rapporter l'origine à l'existence du nectar interne, dont ces cellules seraient d'ailleurs les agents de sécrétion.

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Les principes de la Photométrie en Astronomie et en Physique* (Fascicule XXIV du *Mémorial des Sciences physiques*).

## NOMINATIONS.

M. **R. Bourgeois** est désigné pour représenter l'Académie à l'Assemblée générale du *Conseil international des Unions scientifiques* qui se tiendra à Bruxelles en juillet 1934.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

F. Brunet. *Médecine et thérapeutique byzantines. Œuvres médicales d'*Alexandre de Tralles. Tome Ier. *Alexandre de Tralles et la Médecine byzantine*. (Présentée par M. M. de Broglie.)

M. **Georges Marion** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Médecine et Chirurgie par le décès de M. *P. Bazy*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Détermination de la Médiane dans la fonction binomiale.* Note de M. **R. de Montessus de Ballore**, présentée par M. d'Ocagne.

1. Soit la fonction binomiale

$$(1)\qquad y_{x+h}=\frac{m!}{(mp-h-x)!(mq+h+x)!}p^{mp-h-x}q^{mq+h+x},$$

où $x$ a les valeurs $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$ $(y_{x+h}>0)$.

Selon les valeurs attribuées à $h$, on obtient différentes suites de nombres $y$ :

$$(\sigma_1)\qquad \ldots,\ y_{-3+h_1},\ y_{-2+h_1},\ y_{-1+h_1},\ y_{h_1},\ y_{1+h_1},\ \ldots,$$
$$(\sigma_2)\qquad \ldots,\ y_{-3+h_2},\ y_{-2+h_2},\ y_{-1+h_2},\ y_{h_2},\ y_{1+h_2},\ \ldots$$

en étroite dépendance les unes avec les autres.

Si les sommes

$$S'_{0,h}=y_{1+h}+y_{2+h}+y_{3+h}+\ldots,$$
$$S''_{0,h}=y_{-1+h}+y_{-2+h}+y_{-3+h}+\ldots,$$

où l'on épuise *toutes* les valeurs *positives* des $y$ sont *égales*, $h$ est, par définition, la Médiane de la fonction binomiale (1).

Je laisse subsister la notation en factorielles, bien que la fonction gamma s'introduise constamment dans (1).

Le problème de la détermination de la Médiane est d'une importance majeure en statistique mathématique; il n'a pas été résolu jusqu'ici.

2. Je rappelle la formule suivante, que j'ai donnée dans les *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 1931 ; soient $S'_0$, $S''_0$ définies par

$$S''_0=y_{-1}+y_{-2}+y_{-3}+\ldots,\qquad S'_0=y_1+y_2+y_3+\ldots\qquad (h=0 \text{ dans I}),$$

toutes les valeurs *positives* des $y$, figurant dans ces sommes ; on a

$$S'_0-S''_0=\left(1-\frac{1}{m}\right)\left[g_1\frac{q-p}{\sqrt{mpq}}+g_3\left(\frac{q-p}{\sqrt{mpq}}\right)^3+g_5\left(\frac{q-p}{\sqrt{mpq}}\right)^5\right]$$

avec

$$g_1=0,132981=\frac{1}{3\sqrt{2\pi}},$$
$$g_3=-0,03559,\qquad g_5=0,00715;$$

cette formule est approchée, car les trois premiers termes *seulement* de la série sont connus, mais son approximation répond à tous les besoins de la statistique mathématique; elle donne en effet $S'_0 - S''_0$ avec 5 décimales exactes, à une ou deux unités du cinquième ordre décimal près, au moins, dans tous les cas qui ont été étudiés, et qui s'échelonnent de $m = 20$ à $m = 1000$ et de $p = 0{,}01$ à $p = 0{,}4$.

En lui adjoignant la formule

$$S'_0 + S''_0 + y_0 = 1,$$

on obtient rapidement, ce qui importe en statistique mathématique, $S'_0$ et $S''_0$ avec 4 décimales exactes au moins.

3. Voici une formule qui est *nouvelle*, et qui permet le calcul de $S'_{0,h}$ et de $S''_{0,h}$ avec la même approximation :

$$(1)\qquad \begin{cases} S'_{0,h} - S''_{0,h} = S'_0 - S''_0 - h(y_0 + y_1) & (0 < h < 1), \\ S'_{0,h} - S''_{0,h} = S'_0 - S''_0 + h(y_0 + y_{-1}) & (0 > h > -1), \end{cases}$$

c'est une formule exacte pour $h = 0$, $h = 1$ (ou $h = -1$), c'est donc une formule d'interpolation, une formule approchée.

Son approximation est très suffisante en statistique mathématique, on ne connaît d'ailleurs aucune autre formule permettant de calculer $S'_{0,h} - S''_{0,h}$. Par exemple, pour

$$m = 100, \qquad p = 0{,}1, \qquad q = 0{,}9, \qquad h = 0{,}3;$$

la formule (1) donne

$$S''_{0,h} = 0{,}455635 \qquad (\text{valeur vraie, } 0{,}455700),$$
$$S'_{0,h} = 0{,}411405 \qquad (\text{valeur vraie, } 0{,}411345).$$

4. La formule (1) permet le calcul de la *Médiane*, *avec toute l'approximation qu'on veut*.

Plaçons-nous dans un cas numérique où $h$ est positif. Si $h'$ est la valeur de la *Médiane*, par définition,

$$S'_{0,h} - S''_{0,h} = 0;$$

donc

$$(2)\qquad h = \frac{S'_0 - S''_0}{y_0 + y_1}$$

est une valeur de la Médiane; valeur approchée puisque (1) est une formule approchée. Par exemple, pour

$$m = 100, \qquad p = 0{,}1,$$

la formule (2) donne

$$h = 0{,}1313.$$

Si l'on calcule $S'_{0,h}$, $S''_{0,h}$ pour cette valeur de $h$, on trouve

$$S'_{0,h} = 0{,}433778, \qquad S''_{0,h} = 0{,}433518$$

(il suffira de calculer $S'_{0,h}$ puisque $S'_{0,h} + S''_{0,h} + y_h = 1$).

Pour pousser plus loin l'approximation de $h$, on écrira, par proportionnalité,

$$h_1 = h + \Delta h = h + \frac{S'_{0,h} - S''_{0,h}}{y_0 + y_1} = 0{,}1323;$$

on trouve

$$S'_{0,h_1} = 0{,}433778, \qquad S''_{0,h_1} = 0{,}433717;$$

en écrivant encore

$$h_2 = h + \Delta h + \Delta h_1 = h_1 + \frac{S'_{0,h_1} - S''_{0,h_1}}{y_0 + y_1} = 0{,}1325,$$

on obtient $h$ à 1 ou 2 millièmes près, et rien n'empêcherait de pousser plus loin l'approximation.

La valeur de la Médiane est, dans le cas choisi,

$$0{,}1325,$$

valeur très suffisamment approchée pour tous les besoins de la statistique mathématique.

CALCUL FONCTIONNEL ET CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Généralisation de l'espace différentiel de N. Wiener.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

Soient $t$ une variable réelle, E un ensemble dénombrable partout dense dans un intervalle $(0, T)$, et $x(t)$ une fonction nulle pour $t = 0$ et choisie successivement pour les points de E de manière que : 1° il y a une probabilité $= 1$ que les valeurs choisies définissent une fonction presque partout continue; 2° si l'on divise $(0, T)$ en intervalles $\Delta t$, les accroissements $\Delta x$ relatifs aux différents intervalles sont des variables aléatoires indépendantes [1]. L'espace fonctionnel pondéré ainsi défini sera dit espace V; il

---

[1] On peut remplacer la condition 1° par celle-ci : la probabilité de $|x(T)| < X$ tend vers 1 pour X infini. On est alors ramené au cas du texte en retranchant de $x(t)$ une fonction indépendante du hasard.

sera dit W si la loi de probabilité de $\Delta x$ ne dépend que de la longueur $\tau$ de l'intervalle $\Delta t$.

I. *Cas où il y a une probabilité* $= 1$ *que* $x(t)$ *soit continu.* — En retranchant de $x(t)$ une fonction déterminée, et prenant comme nouvelle variable une certaine fonction croissante de $t$, *on peut toujours se ramener à l'espace différentiel* $W_2$ *de Wiener* : $\Delta x$ *dépend de la loi de Gauss*, val. prob. $\Delta x = 0$, val. prob. $(\Delta x)^2 = \Delta t$.

II. *Cas où le nombre probable de discontinuités est fini.* — Certains points peuvent comporter une probabilité positive pour un saut brusque en ces points; en retranchant une fonction du type I et une fonction ne variant qu'en des points donnés d'avance, on obtient une fonction $x(t)$ ne variant que par sauts brusques en un nombre fini de points dépendant du hasard. Par un changement de variable, on peut supposer que le nombre probable de sauts entre o et $t$ est $t$; *les probabilités des différentes valeurs du nombre de sauts sont alors déterminées par la loi du Poisson et l'espace de* V *est bien défini si l'on se donne pour chaque* $t$ *la loi* $\mathcal{L}$ *dont dépend l'amplitude* $h$ *du saut possible;* si $\mathcal{L}$ ne dépend pas de $t$, on aura un espace W.

Si $\mathcal{L}$ est la loi de Gauss, on obtient pour $x(t)$ une loi comparable à celle de la vitesse dans le mouvement brownien; mais val. prob. $x^2 = t$, et non 1. Si $\mathcal{L}$ est la loi de pile ou face, on obtient pour $x(t)$ une loi déjà étudiée (cf. P. Lévy, *Calcul des probabilités*, p. 241). Toutes les fois que val. prob. $h^2$ est fini, il en est de même de val. prob. $x^2$; si $\mathcal{L}$ ne dépend pas de $t$, on obtient asymptotiquement la loi de Gauss (pour $t = T \rightarrow \infty$); mais pour $t$ fini, *$x$ dépend d'une loi autre que celle de Gauss à valeur quadratique moyennne finie, et telle que $x$ soit la somme d'un nombre arbitrairement grand de variables $\Delta x$ indépendantes et toutes très petites.*

III. *Cas général.* — Soit $dN(h, t)$ le nombre probable, pour l'intervalle $(0, t)$, des sauts d'amplitudes comprises entre $h$ et $h + dh$; pour $t = T$ nous écrirons $dN(h)$. Dans tous les cas ce nombre est $\geq 0$ et fonction non décroissante de $t$; son intégrale est finie pour tout intervalle, même infini, ne comprenant pas $h = 0$; *celle de* $h^2\, dN(h)$ *est finie pour tout intervalle fini:* celle de $|h|\, dN(h)$ de $-1$ à $+1$ est finie ou infinie, mais de même nature pour les deux moitiés de cet intervalle, d'où deux cas à distinguer.

*Cas de convergence.* — Comme pour le type II on peut considérer $x(t)$ comme somme d'une fonction continue du type I, d'une fonction ne variant qu'en des points donnés d'avance, et d'une fonction ne variant qu'en des points dépendant du hasard. Il n'y a plus qu'à étudier le cas où ce dernier terme existe seul; il est alors bien défini par la donnée de $N(h, t)$ qui est

continu en $t$ et à cela près soumis aux seules restrictions indiquées ci-dessus; $x(t)$ est une fonction à variation bornée, mais le nombre des sauts est infini dans tout intervalle où sa valeur probable est infinie. La somme $\Sigma|h|^\alpha$ est finie ou infinie suivant la nature de l'intégrale de $|h|^\alpha dN(h)$ pour $h=0$, tandis que la valeur probable de $|x(T)|^\alpha$ dépend de la nature de cette intégrale à l'infini (tout cela sauf dans des cas de probabilité nulle dans l'espace V étudié). Si la valeur probable de $x^2$ est finie, la remarque faite pour le type II subsiste.

En prenant $dN(h, t) = ct|d(h^{-\alpha})|$, avec $0 < \alpha < 1$, on obtient un espace $W_\alpha$ dans lequel $x(t)$ dépend de la loi stable $L_\alpha$ (cf. *loc. cit.*, p. 258) avec paramètre proportionnel à $t^{1/\alpha}$; en prenant deux constantes différentes $c$ et $c'$, suivant le signe de $h$, on obtient les lois stables dissymétriques; en multipliant par une fonction périodique de $\log|h|$, on obtient les lois semi-stables (*loc. cit.*, p. 270).

*Cas de divergence.* — Quelques-uns des résultats précédents subsistent; notamment ceux relatifs aux discontinuités liées à la loi $L_\alpha$ (ici pour $1 \leqq \alpha < 2$) et aux lois semi-stables symétriques. Mais $x(t)$ n'est plus à variation bornée et ne peut être défini par l'addition des sauts relatifs à l'intervalle $(0, t)$.

*Condition de Hölder.* — Nous dirons que $x(t)$ vérifie la *condition de Hölder faible* uniforme (ou non) relative à $\varphi(\tau)$ si l'on peut déterminer $\varepsilon > 0$ indépendant de $t$ (ou non) tel que, pour $|\tau| < \varepsilon$,

$$|x(t+\tau) - x(\tau)| < \varphi(\tau).$$

Dans un espace W, la probabilité d'une telle condition est toujours 0 ou 1; pour la condition non uniforme, cet énoncé s'applique pour chaque valeur donnée de $t$. Dans $W_2$, la probabilité de la condition uniforme relative à $c\sqrt{2\tau \log 1/\tau}$ est 0 si $c \leqq 1$ et 1 si $c > 1$; pour la condition non uniforme, pour $t$ donné, on a un énoncé analogue en remplaçant $\log 1/\tau$ par $\log\log 1/\tau$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une classe de congruences de cercles.* Note [1] de M. **René Lagrange**, présentée par M. Élie Cartan.

Il ne semble pas que les congruences de cercles dont les quatre points focaux sont les extrémités de deux diamètres aient été l'objet d'études

---

(1) Séance du 19 février 1934.

particulières, malgré les propriétés remarquables dont elles jouissent. En voici quelques-unes, d'un caractère assez général. Convenons d'appeler congruences $\mathcal{O}$ ces congruences, diamètres focaux les deux diamètres des quatre points focaux, normales focales les normales à la surface focale en ces points. Désignons le cercle par $\Gamma$, son axe par $\Delta$ et appelons A, A' les deux points focaux de $\Delta$. L'existence de quatre points focaux, définis et à distance finie sur $\Gamma$, suppose que $\Delta$ engendre une congruence dont aucun point focal n'est fixe.

Ceci posé, le théorème général en vertu duquel *la direction moyenne des quatre rayons focaux d'une congruence de cercles bissecte le dièdre focal de la congruence des axes* fournit ici le

Théorème I. — *Dans une congruence $\mathcal{O}$, les plans focaux de l'axe et les diamètres focaux de cercle ont les mêmes plans bissecteurs.*

Les quatre normales focales rencontrent $\Delta$ en quatre points placés de manière remarquable par rapport au segment focal AA' de $\Delta$. On a en effet le

Théorème II. — *Dans une congruence $\mathcal{O}$, les normales focales aux extrémités d'un même diamètre focal divisent harmoniquement le segment focal de l'axe. Réciproquement, toute congruence de cercles, qui possède un diamètre focal tel que les normales focales correspondantes, sans se couper sur l'axe, divisent harmoniquement le segment focal de cet axe, est une congruence $\mathcal{O}$.*

Voici un exemple de la restriction contenue dans la réciproque. Prenons pour axes $\Delta$ les droites du plan $xOy$. Aux axes issus du point A de $Ox$, d'abscisse $x$, associons la sphère de centre A et de rayon $\sqrt{2f(x)}$, où $f(x)$ est une fonction arbitraire de $x$. Les cercles $\Gamma$ associés à ces axes sont pris sur cette sphère, leurs centres étant sur la droite d'abscisse $x - f'(x)$. Le cercle $\Gamma$ possède un diamètre focal, perpendiculaire au plan $xOy$, dont les normales focales concourent au point A, et partagent harmoniquement le segment focal AA' de $\Delta$ puisque A' coïncide avec A. Or les deux autres points focaux sont symétriques par rapport à $xOy$ sans être diamétralement opposés, leurs cotes étant $\pm\sqrt{2f(x) - f'(x)^2/\cos^4(Ox, \Delta)}$.

Les congruences $\mathcal{O}$ de rayon constant sont les congruences de cercles égaux centrés sur une courbe arbitraire, et les congruences de cercles de Ribaucour, dont les plans enveloppent la surface S décrite par les centres. Les normales focales passent alors par les points focaux de l'axe. On sait d'ailleurs que pour un cercle de Ribaucour les diamètres focaux sont les directions principales de S, et que les normales focales aux extrémités d'un diamètre concourent au centre de courbure principal correspondant.

Si l'on désigne par (A) la développée de S décrite par A, il résulte des propriétés élémentaires des congruences de normales qu'une congruence $\mathfrak{D}$ de Ribaucour conserve sa qualité quand on déforme (A) avec conservation des longueurs, de façon que le système (A, Δ, Γ) reste invariable et invariablement lié à (A). Cette propriété est un cas particulier du théorème III.

THÉORÈME III. — *Toute congruence $\mathfrak{D}$ dont les normales focales aux extrémités de l'un des diamètres focaux concourent en l'un des points* A *de* Δ *(qui ne peut être qu'un point focal de* Δ*) conserve cette double qualité quand on déforme le lieu* (A) *de* A *de façon que les longueurs soient conservées et que le système* (A, Δ, Γ) *reste invariable et invariablement lié à* (A).

(A) peut être une courbe ou une surface.

Voici enfin une propriété d'un caractère plus spécial, mais bien remarquable.

THÉORÈME IV. — *Étant données une surface* S, *et la projection* Q *d'un certain point fixe* O *de l'espace sur le plan tangent en* P *à* S, *le cercle décrit dans ce plan sur* PQ *comme diamètre engendre une congruence $\mathfrak{D}$ quand* P *décrit* S, *pourvu que cette surface soit minima. Le point* O *est alors quelconque dans l'espace.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'allure des courbes intégrales de l'équation* $Y(x, y)\,dx - X(x, y)\,dy = 0$ *au voisinage d'un point singulier isolé.* Note de M. **S. K. Zaremba**, présentée par M. Élie Cartan.

Considérons dans le domaine réel l'équation différentielle

$$Y(x, y)\,dx - X(x, y)\,dy = 0. \tag{1}$$

Supposons les fonctions $X(x, y)$ et $Y(x, y)$ continues dans le voisinage de l'origine et soit $|X(x, y)| + |Y(x, y)| \neq 0$ sauf pour l'origine même, où ces deux fonctions s'annulent. Soit $i$ l'indice de Poincaré de ce point [1]. Si nous admettons provisoirement l'unicité des intégrales de l'équation (1) en dehors de l'origine, nous avons d'après M. Bendixson [2] la relation

(1) H. Poincaré, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 3e série, 7, 1881, p. 375-422, et 8, 1882, p. 251-296; 4e série, 1, 1885, p. 167-244, et 2, 1886, p. 151-217.

(2) I. Bendixson, *Acta mathematica*, 24, 1901, p. 1-88. A vrai dire, l'auteur démontre cette formule seulement dans le cas où les fonctions $X(x, y)$ et $Y(x, y)$ sont analytiques, mais on peut adapter la démonstration au cas général [cf. H. Hamburger, *Mathematische Zeitschrift*, 19, 1924, p. 50 et 66, et B. v. Kerékjártó, *Vorlesungen über Topologie*, 1, 1923, p. 247 (Springer, Berlin), en remarquant que les indices considérés par ces deux auteurs sont différents de celui de Poincaré].

suivante :

$$c - n_f = 2(i + 1), \tag{2}$$

où $c$ désigne le nombre de caractéristiques traversant l'origine et $n_f$ le nombre de régions nodales fermées atteignant un orbe de Jordan arbitrairement choisi qui entoure l'origine.

Supposons que la transformation continue

$$\left\{ \begin{array}{l} u = X(x, y), \\ v = Y(x, y) \end{array} \right. \tag{3}$$

soit biunivoque et change l'orientation du plan. Alors dans la formule (2) $i = 1$ et

$$c - n_f = 4 \tag{4}$$

il suffit de démontrer que $n_f = 0$ pour obtenir au point de vue topologique un col au sens de Poincaré, à cela près que chacune des demi-caractéristiques aboutissant à l'origine peut être remplacée par une région nodale ouverte. Bien entendu aussi, il n'est pas question des tangentes à l'origine.

Or nous allons démontrer l'absence des régions nodales fermées dans les hypothèses qui précèdent et en supposant additionnellement que les courbes

$$\{ X(x, y) \}^2 + \{ Y(x, y) \}^2 = C \tag{5}$$

soient convexes au sens large. En effet, supposons l'existence d'une caractéristique aboutissant dans les deux sens à l'origine. Elle traversera certaines des courbes (5); choisissons-en une. Soient A et B deux extrémités, situées sur cette courbe, d'un arc de la caractéristique considérée se trouvant entièrement à l'extérieur de cette courbe; cet arc de caractéristique, complété par l'un des arcs AB de la courbe (5) correspondante, forme une courbe fermée sans point double, ne contenant pas de point singulier à son intérieur. D'après un théorème connu ([1]) l'indice de cette courbe fermée devrait être nul. Or on peut démontrer et il est facile de voir que si nous décrivons cette courbe dans le sens direct, l'accroissement de l'angle formé par le vecteur $\{ X(x, y), Y(x, y) \}$ avec une direction fixe arbitrairement choisie sera positif ou nul sur l'arc de caractéristique AB, parce que cet arc se trouve

([1]) Voir par exemple H. Poincaré, *loc. cit.*

à l'extérieur de la courbe (5) correspondante, et ce même accroissement est aussi positif sur l'arc considéré de la courbe (5), car le vecteur $\{X(x, y), Y(x, y)\}$ tourne alors constamment dans le sens direct. En divisant l'accroissement total par $-2\pi$ nous obtiendrons l'indice de la courbe considérée, qui serait par conséquent négatif, contrairement à ce qui a été établi plus haut. Nous avons donc en effet un col.

Une étude détaillée de la question, effectuée par M. L. E. J. Brouwer [1], montre que dans le cas où l'on ne suppose pas l'unicité des caractéristiques dans le voisinage et en dehors de l'origine, en admettant seulement la continuité des fonctions $X(x, y)$ et $Y(x, y)$, on obtient des résultats fort analogues à ceux de M. Bendixson et la relation (2) est encore valable. Or, si nous faisons, au sujet de la transformation (3), les mêmes hypothèses que précédemment, la conclusion de l'absence de caractéristiques aboutissant dans les deux directions à l'origine subsiste sans changement. Nous avons donc encore une espèce de col avec les modifications qui s'introduisent par suite de l'abandon de l'hypothèse de l'unicité des caractéristiques au voisinage et en dehors de l'origine.

Le cas où la transformation (3) conserve l'orientation du plan semble plus difficile à traiter.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la structure de fonctions presque périodiques généralisées.* Note [2] de M. **A. Kovanko**, présentée par M. Émile Borel.

A. S. Besicovitz et H. Bohr ont introduit la notion des fonctions B presque périodiques (B p. p.) et des fonctions ($\overline{\mathrm{B}}$ p. p.) (*Acta mathematica*, 57, p. 203; 58, p. 217).

Ces définitions sont en accord avec mes définitions des fonctions p. p. $\alpha_k$ : *Sur les classes de fonctions presque périodiques généralisées* (*Annali di Mathematica pura ed applicata*, 4$^e$ série, 8). Mais les définitions de A. S. Besicovitz et H. Bohr sont directes, sans utiliser les propriétés de ces fonctions qui sont basées sur les approximations trigonométriques.

---

(1) *Proc. of the Sec. of Sc. of the Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam*, $11_2$, 1909, p. 850, et $12_2$, 1910, p. 716.

(2) Séance du 5 février 1934.

Nous introduisons ici une définition directe des fonctions p. p. $\alpha$ [1] que j'ai introduit dans notre Mémoire cité.

*Significations.* — Soit $x_k$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$) une suite infinie de nombres quelconques.

Soit $\varphi(x)$ une fonction mesurable sur $(-\infty < x < +\infty)$.

Posons

$$\overline{\mathfrak{M}}_k \{ \varphi(x_k) \} = \limsup_{n \to \infty} \frac{\sum_{k=-n}^{k=+n} \varphi(x_k)}{2n+1}.$$

Soit E un ensemble mesurable sur $(-\infty < x < +\infty)$.

Posons

$$\delta E(a, b) = \frac{\text{mesure } E(a, b)}{b-a} \qquad [E(a, b) = \text{la portion de E sur } (a < x < b)]$$

et

$$\overline{\delta} E = \underset{T \to \infty}{\text{lim. supér.}}\ \delta E(-T, +T).$$

Soit $\varphi(x)$ une fonction sommable $(-\infty < x < +\infty)$.

Posons

$$\overline{\mathfrak{M}}_x^E \{ \varphi(x) \} = \underset{T \to \infty}{\text{lim. supér.}}\ \frac{1}{2T} \int_{E(-T, +T)} \varphi(x)\, dx,$$

$$\overline{\mathfrak{M}}_x \{ \varphi(x) \} = \underset{T \to \infty}{\text{lim. supér.}}\ \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} \varphi(x)\, dx.$$

*Définitions.* — 1° Nous disons que la fonction $\varphi(x)$ est asymptotiquement, uniformément sommable (a. u. s.), si quel que soit $\varepsilon > 0$ il existe un nombre $\eta > 0$ tel que $\mathfrak{M}_x^E \{ |\varphi(x)| \} < \varepsilon$, à moins que $\overline{\delta} E < \eta$.

2° Nous disons que $\varphi(x)$ est uniformément sommable (voir Stepanoff, *Math. Ann.*, 95, p. 481), si quel que soit $\varepsilon > 0$ et $a > 0$, il existe un nombre $\eta > 0$ tel que $1/a \int_{E(x, x+a)} |\varphi(t)|\, dt < \varepsilon$ à moins que $\delta E(x, x+a) \leqq \eta$ pour toute valeur de $x$ sur $(-\infty < x < +\infty)$.

3° $\varphi(x)$ est asymptotiquement borné, si quel que soit $\varepsilon > 0$ il existe un

---

[1] $f(x)$ est dite p. p. $\alpha$ si, quel que soit $\varepsilon$ $(0 < \varepsilon < 1)$, il existe un polynome trigonométrique $P_n(x) = \sum_{k=1}^{k=n} a_k e^{i\lambda_k x}$ tel que $|f(x) - P_n(x)| < \varepsilon$, pour toute valeur de $x$, exclusion peut être d'un ensemble E avec $\overline{\delta} E < \varepsilon$.

nombre $\mathfrak{N} > 0$ tel que $|\varphi(x)| < \mathfrak{N}$ pour toute valeur de $x$, exclusion faite peut-être d'un ensemble E avec $\bar{\delta}E < \varepsilon$.

4° Une suite de nombres $\tau_k$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$) est dite « suffisamment uniforme » s'il existe un nombre $l > 0$ (assez grand) tel que le quotient $\nu(l)/\mu(l)$ du nombre maximum $\nu(l)$ des nombres de notre suite au nombre minimum $\mu(l)$, situés sur tout intervalle de longueur $l$ est moindre que 2.

*Définitions des fonctions* B*p. p. et des fonctions* $\overline{\mathrm{B}}$ p. p. (*loc. cit.*). — A. $f(x)$ est dite B p. p. Si quel que soit $\varepsilon > 0$ et $a > 0$, il existe une suite « suffisamment uniforme » $\tau_k$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$) telle que

$$\overline{\mathfrak{M}}_x \left\{ \overline{\mathfrak{M}}_k \left[ \frac{1}{a} \int_x^{x+a} |f(t+\tau_k) - f(t)|\, dt \right] \right\} < \varepsilon.$$

*Définitions des fonctions presque périodiques* β (p. p. β). — Une fonction $f(x)$ partout mesurable sur $(-\infty < x < +\infty)$ et dite p. p. β si les conditions suivantes sont remplies :

1° $f(x)$ est asymptotiquement borné;

2° quel que soit le nombre positif $\varepsilon > 0$ tel, que $\varepsilon < 1$, il existe une suite « suffisamment uniforme » de nombres $\tau_k$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$) telle que les inégalités

$$|f(x+\tau_k) - f(x)| < \varepsilon \qquad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$$

sont satisfaites pour toutes les valeurs de $x$, exclusion faite peut-être de quelques ensembles $E_k$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$);

3° les ensembles $E_k$ possèdent les propriétés suivantes :

Quel que soit $a$ et $\eta > 0$ — $\overline{\mathfrak{M}}_k \{ \delta E_k(x, x+a) \}$ est une fonction de $x$, qui est $< \eta$ pour toute valeur de $x$, exclusion faite peut-être d'un ensemble E, avec $\bar{\delta}E < \eta$.

Théorème I. — *La classe de fonctions* (p. p. β) *est identique avec la classe de fonctions* (p. p. α) (*loc. cit.*).

Théorème II. — *Toute fonction* B p. p. *est une fonction* p. p. β.

Théorème III. — *La condition nécessaire et suffisante pour que* $f(x)$ *soit* B p. p. *consiste en ce que* $f(x)$ *est* p. p. α, *que* $f(x)$ *soit asymptotiquement uniformément sommable.*

THÉORIE DES MÉCANISMES. — *Sur certains phénomènes de chocs se produisant dans les différentiels*. Note ([1]) de M. **Jean Grégoire**, présentée par M. d'Ocagne.

L'objet de cette étude est relatif à certain phénomène auquel donnent lieu les essieux AR dits oscillants, sur lesquels chaque roue reste perpendiculaire à son arbre d'entraînement. Ces arbres sont articulés de part et d'autre du carter de différentiel par l'intermédiaire de joints à la Cardan ordinaires. Si l'on se place dans le cas de la voiture lancée sur un plan en roue libre, on constate que les variations de vitesse du différentiel donnent naissance à des chocs répétés entre les dents de la grande couronne et celles du pignon d'attaque. C'est la théorie mathématique de ce phénomène que nous nous sommes proposé d'analyser.

Supposons que les roues arrière tournent à une vitesse $\beta$ constante et que les arbres de roue fassent des angles $\theta$ avec l'horizontale.

La vitesse $\alpha$ d'un planétaire est donnée par la formule

$$\alpha = \frac{\beta\cos\theta}{1-\sin^2\theta\sin^2 y},$$

$y$ étant l'angle décrit par l'arbre de roue correspondant.

Nous avons également pour l'autre roue

$$\alpha' = \frac{\beta\cos\theta'}{1-\sin^2\theta'\sin^2(y-z)},$$

$z$ étant l'angle de décalage des deux arbres de roue.

La vitesse $\omega$ du différentiel est donnée par

$$\omega = \frac{\alpha+\alpha'}{2} = \frac{\beta}{2}\left[\frac{\cos\theta}{1-\sin^2\theta\sin^2 y} + \frac{\cos\theta'}{1-\sin^2\theta\sin^2(y-z)}\right].$$

Cette vitesse $\omega$ est donc constamment variable.

En supposant $z$ déterminé, $\theta = \theta'$ et en fixant cette valeur de $\theta$ on a cherché les valeurs maxima et minima de $\omega$ pour une variation de $y$ de 360°.

Si nous posons $\sin^2\theta = k$, nous avons

$$\omega = \frac{\beta\cos\theta}{2}\left[\frac{1}{1-k\sin^2 y} + \frac{1}{1-k\sin^2(y-z)}\right].$$

([1]) Séance du 12 février 1934.

Annulant la dérivée de la fonction entre crochets, en posant $2y - z = t$ on arrive à l'équation

$$\sin t \{ k \cos z \cos^2 t + 2k(2-k)\cos t + \cos z[(2-k)^2 + k^2 \sin^2 z]\} = 0$$

qui se vérifie pour :

1° $$\sin t = 0,$$

ce qui donne

$$y = \frac{z}{2}, \quad \frac{\pi}{2} + \frac{z}{2}, \quad \pi + \frac{z}{2}, \quad \frac{3\pi}{2} + \frac{z}{2};$$

2° $$k \cos z \cos^2 t + 2k(2-k)\cos t + \cos z[(2-k)^2 + k^2 \sin^2 z] = 0.$$

Cette équation du deuxième degré en $\cos t$ peut donner selon les valeurs de $z$ et de $\theta$ des valeurs réelles pour $t$.

La discussion de cette équation fait ressortir que pour $\theta$ déterminé, certaine valeur de $z$ laisse apparaître ces valeurs nouvelles de $t$. Si nous faisons varier $z$ entre 0 et 90° il existe une valeur $q$ de $z$ qui donne pour $\omega$ quatre nouveaux maxima ou minima. Donc, pour une variation de $y$ de 0 à 360°, et pour $z$ variant de 0 à $q$ il y a quatre maxima ou minima de $\omega$; pour $z$ variant de $q$ à $\pi/2$ il y en a quatre autres qui s'ajoutent aux précédents.

A chaque maximum ou minimum correspond un changement de sens de l'accélération du différentiel, et, par conséquent, de la grande couronne qui en est solidaire, ce qui entraîne un choc entre les dents de cette grande couronne et celles du pignon d'attaque.

Le moyen de supprimer cet inconvénient réside dans la substitution d'un joint homocinétique ([1]) au joint à la Cardan. Les conclusions de cette théorie mathématique ont d'ailleurs été pleinement confirmées par l'expérience.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le couple de frottement des paliers à billes.* Note ([2]) de M. **R. Swyngedauw**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai démontré ([3]) que, lorsqu'un arbre tourne entre quatre paliers à billes identiques, graissés normalement à l'huile, deux extrêmes sur

---

([1]) Nous rappellerons que nous avons fait connaître un tel joint (*Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 162).

([2]) Séance du 19 février 1934.

([3]) Delfosse et Swyngedauw, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 41.

lesquels il pose, deux intermédiaires tirés vers le bas, le couple de frottement de cet arbre sur les paliers intermédiaires est de plus de 20 pour 100 inférieur à celui qui le freine sur les paliers extrêmes, et que chacun de ces couples est supérieur d'environ 20 pour 100 à celui qui s'exerce sur la bague externe et que l'on mesure à la balance; de sorte que, pour un même palier, il y a quatre couples de frottement à considérer, avec une huile en quantité et qualité données, à une température donnée.

Aucune des expressions analytiques proposées jusqu'ici ne rend compte de ces faits; les considérations suivantes permettent d'établir une formule qui s'accorde avec tous les faits observés :

1° Le frottement qui s'exerce entre billes ou entre billes et bagues se compose du frottement d'acier sur acier aux points de contact et de celui des épilamens entre eux aux régions qui entourent ces points, de sorte que le coefficient de frottement est de la forme

$$f = g_0 + g\mu.$$

$g_0$, constante dépendant de la nature des solides; $g$, une autre constante, et $\mu$ la viscosité de l'huile à la température des épilamens. Si l'on désigne par $k$ la somme *arithmétique* des pressions normales aux surfaces aux points de contact *baignés par l'huile*, par $k'$ cette somme aux contacts *hors de l'huile*, le couple de frottement qui résulte de ces contacts peut se représenter par la formule

$$(m_0 + m\mu)k + (m_0 + m\mu')k',$$

$m_0$ et $m$ étant deux constantes, la première proportionnelle à $g_0$, la deuxième à $g$, en désignant ici par $\mu$ la viscosité de la température $t$ du bain d'huile, et par $\mu'$ la viscosité moyenne de l'huile des épilamens aux contacts hors du bain; celle-ci est sensiblement égale à celle qui correspond à la température T du sommet du palier, qu'une Note antérieure a montrée supérieure [1] à la température du bain.

Lorsque les paliers intermédiaires sont tirés par une force P suivant la verticale dirigée vers le bas :

*a*. *Dans les paliers extrêmes qui sont porteurs*, les billes baignées par l'huile sont surpressées et $k$ devient $k+p$, tandis que les billes hors de l'huile sont soulagées, $k'$ devient $k'-p'$, et le couple de frottement aux contacts

[1] *Loc. cit.*

billes-bagues devient :

$$c' = (m_0 + m\mu)(k+p) + (m_0 + m\mu')(k'-p').$$

*b. Dans les paliers intermédiaires, qui sont tirés vers le bas*, la charge des billes hors de l'huile augmente, celle des billes baignées dans la masse diminue; $k$ devient $k - p_1$ et $k'$, $k' + p'_1$, de sorte que le couple de frottement aux contacts billes-bagues des paliers à billes surpressées hors de l'huile devient :

$$c'_1 = (m_0 + m\mu)(k - p_1) + (m_0 + m\mu'_1)(k' + p'_1),$$

$\mu'_1$ étant, d'après la Note citée, légèrement inférieur à la valeur $\mu'$ des paliers à billes surpressées dans l'huile.

Si l'on pose $k + k' \doteq K$ et qu'on observe que $p$, $p'$, $p_1$, $p'_1$ sont proportionnelles à la charge P, $c'$ est évalué par excès entaché d'une erreur qui peut atteindre 8 pour 100 environ par l'expression

$$(1) \qquad c' = (a_0 + a\mu)(P + K),$$

et $c'_1$ par défaut, avec la même approximation, par

$$(2) \qquad c'_1 = (a_0 + a\mu'_1)(P + K),$$

$a_0$ et $a$ étant deux autres constantes.

Le couple moyen, absorbé par palier aux contacts billes et bagues lorsque l'arbre tourne entre quatre paliers, dont les deux intermédiaires sont tirés vers le bas, est exprimé, avec une exactitude supérieure à celle qui donne $c'$ et $c'_1$, par la formule

$$(3) \qquad c'_m = a_0 + a\frac{(\mu + \mu'_1)}{2}(P + K),$$

car l'erreur par excès sur $c'$ compense sensiblement l'erreur par défaut sur $c'_1$.

2° Aux frottements des contacts billes-bagues s'ajoutent les forces résistantes créées par l'huile qui sont des forces extérieures au système bagues et billes recouvertes de leurs épilamens.

Les forces tangentielles à la surface de la bague externe qui est au repos sont plus faibles que celles qui s'exercent sur les surfaces en mouvement des billes ou de la bague interne par un processus analogue à celui qui rend le frottement sur la surface mobile supérieur à celui qui s'exerce sur la surface fixe des paliers à film d'huile; d'autre part, les composantes de la résistance qui sont normales aux billes ont un moment différent de zéro,

tandis que celles qui sont normales aux bagues ont un moment nul. Comme le couple de frottement dû au mouvement des billes dans le bain d'huile est le même, que les billes surpressées soient dans l'huile ou hors de l'huile, le couple $c$ ou $c_1$ mesuré sur la bague externe dépasse $c'$ ou $c'_1$ défini plus haut d'un même couple $\gamma$. Le couple C ou $C_1$ appliqué à l'arbre dépasse $c'$ ou $c'_1$ d'un même couple $\Gamma > \gamma$.

$\gamma$ et $\Gamma$ sont proportionnels à la viscosité de l'huile et à la vitesse angulaire et croissent avec la quantité d'huile du palier. On obtient ainsi pour les couples C ou $C_1$ appliqués à l'arbre et $c$ ou $c_1$ mesurés sur la bague externe des paliers intermédiaires, des expressions qui sont vérifiées par l'expérience dans toutes leurs conséquences.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'intégration des équations de Dirac.* Note de M. **Loève**, présentée par M. L. de Broglie.

Nous nous proposons d'introduire explicitement les données initiales dans l'expression des $\Psi$ — solutions du système d'équations aux dérivées partielles du premier ordre caractérisant, d'après Dirac, le mouvement d'un corpuscule de masse au repos $m_0$ en l'absence du champ extérieur.

Ces $\Psi$ s'obtiennent habituellement par superposition des solutions élémentaires, ondes planes monochromatiques, et s'écrivent (1) :

$$(1)\quad \Psi_k = \iiint_{-\infty}^{+\infty} \Big[ a_k(p_x, p_y, p_z)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(\mathrm{W}t - p_x x - p_y y - p_z z)} + b_k(p_x, p_y, p_z)\, e^{\frac{2\pi i}{h}(-\mathrm{W}t - p_x x - p_y y - p_z z)} \Big]\, dp_x\, dp_y\, dp_z$$

avec

$$\frac{\mathrm{W}}{c} = +\sqrt{m_0^2 c^2 + p_x^2 + p_y^2 + p_z^2} \qquad (k = 1, 2, 3, 4).$$

On sait que les huit $a_k$ et $b_k$ sont liés par quatre relations, les conditions initiales

$$(2)\qquad \Psi_k(x, y, z, 0) = \mathrm{F}_k(x, y, z)$$

donnant les quatre autres.

Afin d'introduire explicitement les $\mathrm{F}_k$ on peut, en se limitant au cas d'une

(1) Louis de Broglie, *L'électron magnétique*, 1934, p. 265 (Hermann, éditeur).

seule variable spatiale $z$, soit transformer (1) par une méthode due à Poincaré [1], soit intégrer directement par la méthode de Riemann.

Nous prenons, afin de simplifier l'écriture,

$$\frac{h}{2\pi m_0 c}\ (= 0,4 \times 10^{-10}\ \text{cm pour l'électron})$$

pour unité de longueur et, pour unité de temps,

$$\frac{h}{2\pi m_0 c^2}\ (= 0,13 \times 10^{-20}\ \text{sec pour l'électron}),$$

de sorte que l'unité de vitesse est la vitesse de la lumière $c = 1$. Nous supposons les $F_k(z)$ normées nulles en dehors d'un intervalle $(-a, +a)$, c'est-à-dire que, pour $t = 0$, le corpuscule se trouve avec certitude sur $(-a, +a)$.

Nous obtenons alors

$$\Psi_k(z, t) = \frac{1}{2} F_k(z - t) + \frac{1}{2} F_k(z + t) + \frac{1}{2}\int_{z-t}^{z+t} V_k(u, z, t)\, du$$

avec

$$V_k(u, z, t) = G_k(u)\, \mathcal{J}_0\left[\sqrt{t^2 - (u - z)^2}\right] - \frac{t}{\sqrt{t^2 - (u - z)^2}} F_k(u)\, \mathcal{J}_1\left[\sqrt{t^2 - (u - z)^2}\right],$$

où $\mathcal{J}_0$ et $\mathcal{J}_1$ désignent les fonctions de Bessel de première espèce et d'ordre 0 et 1 et les $G_k$ sont des fonctions linéaires des $F_k$ et $\partial F_k / \partial z$.

II. Ces intégrales présentent quatre discontinuités :

$$(3) \qquad Z = -a \pm t, \qquad Z = a \pm t$$

se propageant avec la vitesse de la lumière.

D'autre part, les conditions initiales font distinguer cinq cas :

$$(4)\quad \begin{cases} 1^{\circ} & z > a + t, & \Psi_k = 0; \\ 2^{\circ} & -a + t < z < a + t, & \Psi_k = \frac{1}{2} F_k(z - t) + \frac{1}{2}\int_{z-t}^{a} V_k(u, z, t)\, du; \\ 3^{\circ} & a - t < z < -a + t, & \Psi_k = \qquad\qquad + \frac{1}{2}\int_{-a}^{a} V_k(u, z, t)\, du; \\ 4^{\circ} & -a - t < z < a - t, & \Psi_k = \frac{1}{2} F_k(z + t) + \frac{1}{2}\int_{-a}^{z+t} V_k(u, z, t)\, du; \\ 5^{\circ} & z < -a - t, & \Psi_k = 0. \end{cases}$$

---

[1] Henri Poincaré, *Théorie analytique de la théorie de la chaleur*, 1895 (Carré, éditeur).

Limitons-nous, pour fixer les idées, à la propagation dans le sens des Z croissants.

Le front de l'onde se propage avec la vitesse $c=1$. Mais le train d'ondes s'allonge comme si l'onde se propageait dans un milieu élastique où la résistance est proportionnelle au déplacement $\Psi$. Ceci distingue nettement ce cas de celui de la propagation de l'électricité dans un fil, lequel correspondrait à une résistance proportionnelle à la vitesse et où s'introduisent d'ailleurs des fonctions de Bessel à argument imaginaire.

Si l'incertitude sur la position initiale se réduit à o, on a une onde $\psi_k = 1/2\,F_k(z-t)$ (les $F_k$ représentent ici une extension naturelle de la fonction $\delta$) se propageant avec la vitesse de la lumière, ceci correspond à l'une des deux valeurs propres de l'opérateur de vitesse de Dirac, $-c\alpha_3$ et signifie qu'une mesure précise de la position imprime au corpuscule la vitesse $c$ (1), sinon on a une sorte de paquet d'ondes passant au point $z$ entre les instants $t-a$ et $t+a$ (deuxième cas) et laissant derrière lui une traînée correspondant à un « éparpillement » de la probabilité de présence du corpuscule, que l'on peut évaluer en tout point $z$ à distance finie pour $t$ suffisamment grand, en se servant des expressions asymptotiques des fonctions de Bessel à argument réel. Nous trouvons alors pour la densité $\rho$ de probabilité de présence du corpuscule une expression de la forme

$$\frac{1}{t}\,[A + B\cos(2t+\varphi)],$$

indépendante de $z$, A, B et $\varphi$ étant fixés par les données initiales. Donc, $\rho$ tend vers zéro avec $1/t$, mais oscillant, en général, avec la fréquence $2m_0c^2/h$ (par seconde $=2,5\times 10^{20}$ pour l'électron). Ainsi apparaît, d'une façon tout à fait générale, le battement des ondes à énergie positive avec les ondes à énergie négative.

Ces résultats semblent pouvoir donner une signification aux vitesses très voisines de $c$ de certains rayons $\beta$.

L'étude faite est susceptible de diverses extensions, par exemple au cas de trois dimensions spatiales.

---

(1) P.-A.-M. Dirac, *Quelques problèmes de Mécanique quantique* (*Annales de l'Institut Henri Poincaré*, **1**, 1930-1931, p. 397).

ACOUSTIQUE. — *Sur l'absorption quantique du son dans les gaz.* Note de M. Y. **Rocard**, présentée par M. Fabry.

Considérons un gaz dont les molécules sont en majorité dans un état fondamental sans énergie de vibration, une faible fraction étant dans un premier état excité. La chaleur spécifique sous volume constant $C_v$ de ce gaz différera à peine de la chaleur spécifique $C_1$ correspondant seulement aux degrés de liberté de translation et rotation. Si l'on considère l'équilibre entre les deux espèces de molécules comme régi par une loi d'action de masse, la propagation d'une onde sonore vient déranger cet équilibre en faisant varier la température, et si l'on reconstitue la théorie de la propagation du son dans un tel gaz, on trouve une légère dispersion de la vitesse du son et une absorption qui peut être considérable. La possibilité d'un tel effet a été signalée par Einstein en 1913 pour le cas d'un gaz en équilibre de dissociation, notion qui a été étendue au cas de tous les gaz (Herzfeld et Price, Bourgin, Henry, Grossmann, Kneser). En présentant les résultats théoriques sous une forme plus perfectionnée, nous aboutissons, pour la vitesse du son C et le coefficient d'absorption $\alpha$, aux formules rigoureuses suivantes :

$$\frac{\omega^2}{C^2} - \alpha^2 = \frac{\omega^2 \rho}{P}\left[\frac{(R + C_v)C_v\omega_0^2 + (R + C_1)C_1\omega^2}{(R + C_v)^2\omega_0^2 + (R + C_1)^2\omega^2}\right], \qquad (1)$$

$$\alpha = \frac{\omega^2 \rho}{2P}\,\frac{C}{\omega_0}\left[\frac{\omega_0^2 R(C_v - C_1)}{(R + C_v)^2\omega_0^2 + (R + C_1)^2\omega^2}\right], \qquad (2)$$

où $\omega_0$ est une quantité qui pour le moment ne saurait être demandée qu'à l'expérience. R, constante des gaz parfaits; P, pression; $\rho$, densité.

Nous voudrions ici attirer l'attention sur deux points : tout d'abord, la connaissance expérimentale de l'absorption détermine, grâce à la formule (2) non seulement la constante $\omega_0$, mais aussi l'excès $C_v - C_1$ de la chaleur spécifique $C_v$ sous volume constant du gaz sur la chaleur spécifique $C_1$ réduite aux degrés de liberté géométriques. Ainsi, pour l'air, la fréquence $\nu_0$ correspondant à $\omega_0$ paraît valoir $8.10^5$ d'après les résultats expérimentaux, la valeur de $\alpha$ à cette fréquence étant de l'ordre de 0,10 C. G. S., d'où nous déduisons $C_v - C_1 = 0{,}009 C_1$, valeur bien faible pour qu'on puisse la demander à l'expérience directe, et que l'absorption sonore détermine au contraire assez bien. C'est donc seulement 1/100$^e$ de l'énergie interne qui correspondrait à la vibration des molécules pour l'air dans les conditions usuelles.

En outre, la valeur de $C_v - C_1$ étant connue, la formule (2) nous permet quelques comparaisons avec les autres causes d'absorption connues, à toutes fréquences : on trouve alors qu'il existe un domaine autour de $\omega = \omega_0$, c'est-à-dire dans les ultrasons accessibles, où l'absorption quantique décrite comme nous l'avons fait, joue un rôle important et bien mis en lumière par les auteurs que nous avons cités. Mais par contre, si $\omega$ vaut 3 ou 4 fois $\omega_0$ pour l'air, davantage pour d'autres gaz, les causes classiques d'absorption (viscosité, conductibilité, diffusion) redeviennent prépondérantes. Enfin aux basses fréquences, aux fréquences audibles notamment, l'absorption quantique reste importante; pour l'air nous arrivons à

$$\alpha = 0,807.10^{-14}\omega^2,$$

*valeur trois fois plus importante que celle due à la viscosité, et trente fois plus importante que celle due à la conductibilité thermique.*

On notera aussi que la formule (1) doit être prise en considération si l'on désire mesurer le rapport des chaleurs spécifiques d'un gaz par des mesures de vitesses d'ultrasons. En outre, la connaissance expérimentale de $\omega_0$ fournira d'importants renseignements sur la structure des molécules quand on saura mieux évaluer comment l'énergie de translation ou de rotation s'échange dans les chocs moléculaires avec l'énergie de vibration.

ÉLECTRICITÉ. — *L'hystérèse thermique du pouvoir inducteur spécifique et de la conductibilité de solutions aqueuses de gélatine.* Note de MM. **Arcadius Piekara** et **Bruno Piekara**, présentée par M. A. Cotton.

L'ensemble des travaux sur le pouvoir inducteur spécifique (p. i. s.) de la gélatine ne nous semble pas épuiser le sujet et les résultats obtenus par différents auteurs sont en désaccord évident. Voici les résultats de quelques auteurs :

1° R. Keller (1) et R. Fürth (2) : le p. i. s. des solutions de gélatine est plus petit que celui de l'eau et il décroît lorsque la concentration augmente;

2° P. Girard et N. Marinesco (3) : le p. i. s. des solutions de gélatine est considérablement plus grand que celui de l'eau; le p. i. s. d'un sol est *identique* à celui du gel;

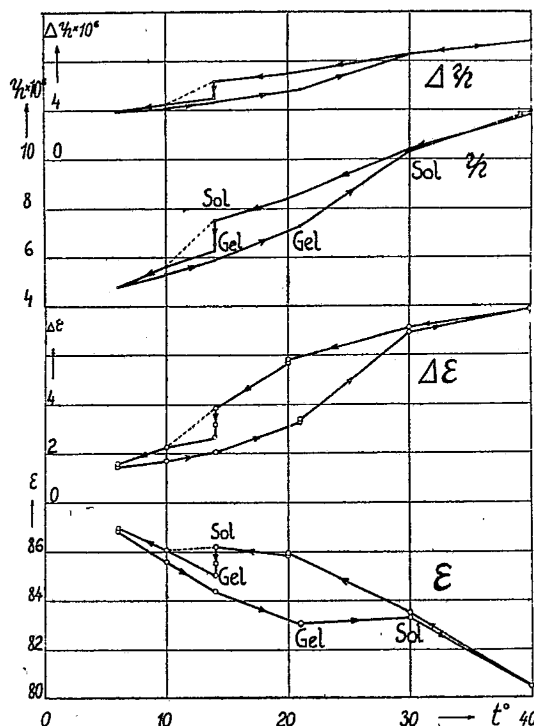


(1) *Koll. Zeitschr.*, **29**, 1921, p. 193.
(2) *Ann. der. Phys.*, **70**, 1923, p. 63.
(3) *C. R. Soc. de Biol.*, **102**, 1929, p. 302 et 726.

3° R. Fricke et L. Havestadt [1] : le p. i. s. des solutions de gélatine est plus grand que celui de l'eau ; le p. i. s. d'un sol est plus grand que celui du gel ; mais la conductibilité dans les deux états est presque *la même* :

4° E. May et H. Schaefer [2] confirment les résultats cités sous le n° 1°, qui semblent cependant peu convaincants.

Dans ces conditions, nous avons entrepris quelques séries de recherches pour voir si décidément le p. i. s. ($\varepsilon$) et la conductibilité ($\varkappa$) dépendent de




la concentration et de la température (et en partie aussi du pH), particulièrement pendant la transformation sol → gel et vice versa. Nous avons employé une gélatine « pour émulsions » ; elle était toujours, avant les mesures, soumise pendant quelques dizaines d'heures, à une électrodyalise à la température de 0°. Les méthodes de mesure du p. i. s. ($\nu \sim 10^6$ sec$^{-1}$) et de la conductibilité (fréquence sonore) seront décrites plus tard. Nous nous bornerons ici à donner les résultats typiques

(1) *Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem.*, 196, 1931, p. 120.
(2) *Zeitschr. f. die ges. exp. Med.*, 84, 1932, p. 240.

obtenus pour une solution de concentration 0,78 pour 100. Ces résultats sont représentés par les courbes de la figure, qui montrent un nœud d'hystérèse, comme celles qui représenteraient la viscosité. $\Delta\varepsilon$ signifie la différence entre le p. i. s. de la solution de gélatine et celui de l'eau pure (soigneusement redistillée); $\Delta\chi$ signifie la même différence pour les conductibilités (en $\text{ohm}^{-1}.\text{cm}^{-1}$). Les mesures étaient effectuées dans l'ordre indiqué par des flèches sur la figure en partant de la température de 39°,9. Le sol, d'abord fluide, devient visqueux à 14° et se transforme en gel (les mesures ont été répétées à cette température après 15 minutes et 75 minutes). Le gel formé devient lors du réchauffement mou à 21° et se transforme à nouveau en sol (on a fait deux mesures à 6° à 10 minutes d'intervalle).

Les mesures ci-dessus, ainsi que de nombreuses autres mesures effectuées avec des concentrations comprises entre 0,51 pour 100 et 1,24 pour 100, montrent que :

1° le p. i. s. des solutions de gélatine est plus grand que celui de l'eau pure et croît avec la concentration;

2° le p. i. s. d'un sol est plus grand que celui d'un gel dans les mêmes conditions;

3° la conductibilité d'un sol est notablement plus grande que celle d'un gel;

4° la différence entre le p. i. s. de la solution de gélatine et celui de l'eau pure ($\Delta\varepsilon$) *augmente* avec la température.

Le dernier fait semble indiquer que lorsque la température s'élève les molécules-géantes de glucine (qui constituent presque entièrement la gélatine) sont de plus en plus libres; peut-être aussi leurs moments électriques deviennent-ils plus grands. Néanmoins leur liberté dans l'état de gel, quoique un peu diminuée, reste encore étonnamment grande.

ÉLECTRONIQUE. — *Diffusion et absorption des électrons positifs traversant la matière*. Note [1] de MM. J. Thibaud et F. Dupré la Tour, présentée par M. Maurice de Broglie.

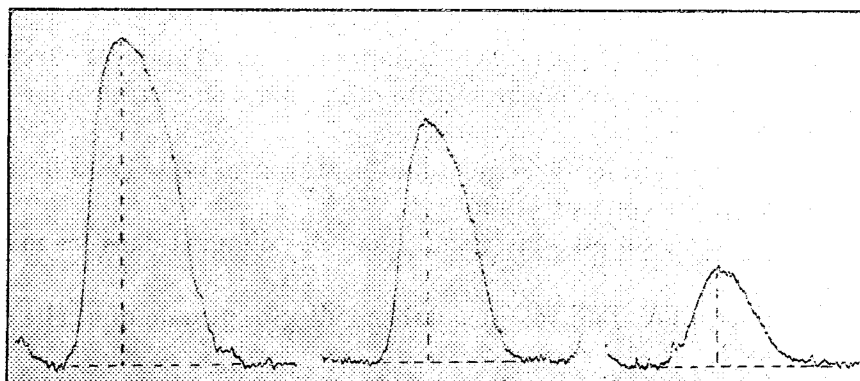
L'un de nous a montré [2] que les électrons positifs, en traversant la matière, se dématérialisaient, avec émission de photons, après un parcours

(1) Séance du 19 février 1934.

(2) J. Thibaud, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1629. Voir aussi F. Joliot, *ibid.*, **197**, 1933, p. 1622, avec les remarques présentées à ce propos (*ibid.*, **198**, 1934, p. 564).

qui correspond au moins à 500 mg/cm². Cette annihilation est précédée d'une absorption (diminution du nombre des corpuscules transmis par un écran interposé) qui rappelle beaucoup celle que subissent les électrons négatifs (effet de diffusion des corpuscules dans l'écran). L'objet de cette Note est de montrer, par de nombreuses mesures faites sur divers éléments, la généralité de cette loi d'absorption.

Le dispositif de la trochoïde se prête bien à des recherches quantitatives sur les électrons positifs, principalement par enregistrement photographique des corpuscules : la répartition du noircissement dans la raie obtenue (voir la figure), étudiée au microphotomètre enregistreur Chalonge-



Lambert, pouvant être reliée au nombre d'électrons atteignant le film dans un temps donné.

*a.* La loi du noircissement photographique, en fonction de l'intensité, est la même que pour les électrons négatifs [1] : nous avons vérifié que la *densité s* (log de l'opacité) était proportionnelle, jusqu'à $s = 1$, au nombre d'électrons positifs incidents.

*b.* Les écrans absorbants sont disposés directement sur le film et fortement serrés contre lui. Des exemples de courbes de noircissement obtenues avec des épaisseurs matérielles et des temps de pose très différents sont visibles sur la figure (intensités de corpuscules transmis : $1$; $8 \times 10^{-2}$; $2 \times 10^{-2}$, de gauche à droite). En fait ce sont les temps de pose qui varient (de 1 à 40) avec l'épaisseur, les densités $s$ restant dans des limites assez étroites telles que $0,5 - 0,1$.

*c.* Pour chaque élément Z, on représente le logarithme des inten-

[1] Voir, par exemple, W. Bothe, *Zeits. f. Phys.*, 8, 1922, p. 243.

sités transmises (ou des densités photographiques) en fonction des masses superficielles d'absorbant interposées sur le trajet des trochoïdes. La courbe obtenue se compose, en général, de deux parties : jusqu'à 50 à 70 mg/cm² légèrement concave ([1]) vers les abscisses; puis, de cette région jusqu'à 500 mg/cm², la représentation du phénomène devient rectiligne [voir la courbe du platine sur la figure de la note ([2])]. L'absorption des électrons positifs suit une loi simple, *exponentielle*, et l'on peut définir un coefficient massique d'absorption $\mu/\rho$.

*d*. Voici les résultats des mesures du coefficient $\mu/\rho$ pour divers éléments Z, à l'état de lames minces (*l*) ou de poudre (*p*) tassée entre deux lamelles planes en verre.

| | Z. | $\mu/\rho$. | | | Z. | $\mu/\rho$. | | | Z. | $\mu/\rho$. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C..... | 6 | 11* | *l* | Zn.... | 30 | 9 | *l* | Sn.... | 50 | 9,1 | *l* |
| Al..... | 13 | 8,3 | *l* | As.... | 33 | 9,8 | *p* | Cé.... | 58 | 9* | *p* |
| Ca..... | 20 | 9* | *l* | Mo... | 42 | 8,8 | *l* | Ta.... | 73 | 11 | *l* |
| Mn.... | 25 | 8,8 | *p* | Pd... | 46 | 10* | *l* | Pt.... | 78 | 9,0 | *l* |
| Ni..... | 28 | 10* | *l* | Ag.... | 47 | 10 | *l* | Au... | 79 | 9,2 | *l* |
| Cu..... | 29 | 9,2 | *l* | Cd.... | 48 | 7,8 | *l* | Pb.... | 82 | 9,7 | *l* |

Le coefficient d'absorption $\mu/\rho$ d'électrons positifs excités dans le plomb par les rayons $\gamma$ du thorium conserve une valeur voisine de 9, les variations extrêmes (8 à 11) étant imputables, pour une part, aux incertitudes de mesure, mais également à une variation en fonction du nombre atomique Z (les valeurs les moins sûres, marquées *, sont déterminées à 10 pour 100 près). On rapprochera la valeur $\mu/\rho = 8,5$ obtenue, dans le cas de l'*air*, par une méthode un peu différente ([3]).

*e*. *Comparaison avec les électrons négatifs*. — On sait que, pour ces corpuscules, on observe une absorption exponentielle lorsque les électrons présentent (comme c'est le cas pour nos électrons positifs) une certaine inhomogénéité de vitesse ([4]). On remarquera que les coefficients massiques mesurés, qu'il s'agisse d'électrons positifs ou négatifs, sont du même ordre

([1]) Les corpuscules abordent presque tangentiellement la surface de l'absorbant (trajectoires trochoïdales) : les plus *lents* d'entre eux sont rapidement diffusés sous des angles considérables et renvoyés, en partie, vers le film; d'où l'absorption *apparente* plus faible pour ces couches superficielles.

([2]) J. Thibaud, *loc. cit.*

([3]) J. Thibaud, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 563.

([4]) Voir Crowther, *Proc. Camb. Soc.*, 15, 1910, p. 442; Madgwick, *Proc. Camb. Soc.*, 23, 1927, p. 982; Fournier, *Thèse*, Paris, 1927.

de grandeur : ainsi l'étude de l'absorption, dans le platine, faite par la même méthode de la trochoïde, mais avec les électrons négatifs excités dans le plomb par les rayons $\gamma$ du thorium, conduit au coefficient $\mu/\rho = 13,7$ [1].

Nous conclurons, qu'en pénétrant dans la matière, et au moins jusqu'à une masse absorbante de 500 mg/cm$^{-2}$, *les électrons positifs se comportent comme les électrons négatifs :* ils subissent des diffusions multiples près des centres chargés atomiques, avec ralentissement progressif. C'est seulement quand ils ont perdu la plus grande part de leur énergie cinétique qu'ils peuvent se dématérialiser, phénomène qui se manifeste, sur les courbes d'absorption, par l'apparition d'un palier presque parallèle à l'axe des abscisses [1].

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Remarques sur la comparaison des propriétés des cellules à vide et des cellules à atmosphère gazeuse.* Note de MM. **G.-A. Boutry** et **J. Orcel**, présentée par M. A. Cotton.

M. L. Capdecomme [2] signale l'intérêt que présente l'emploi des cellules photoélectriques pour la mesure des pouvoirs réflecteurs des cristaux opaques.

Il convient de remarquer que l'un de nous avait antérieurement montré [3] tout le parti que l'on pouvait tirer des méthodes photoélectriques pour évaluer cette constante optique au cours de l'étude microscopique de ces cristaux dans les minerais métalliques; depuis lors, cette méthode est devenue d'un usage courant dans beaucoup de laboratoires de Minéralogie.

D'autre part M. L. Capdecomme, dans sa comparaison entre les propriétés des cellules à atmosphère gazeuse et des cellules à vide, parvient à des conclusions dont certaines paraissent discutables :

1° Tout d'abord il indique que les cellules à atmosphère gazeuse ne sauraient donner de courants proportionnels aux flux lumineux incidents, même si ces flux sont très petits. Au contraire la proportionnalité serait vérifiée à 1/400° près pour la cellule à vide utilisée par lui (cathode complexe à base de caesium).

---

(1) J. Thibaud, *loc. cit.*

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 462.

(3) J. Orcel, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1055 ; *Bull. Soc. franç. Minér.*, 53, 1930, p. 301-349.

Il est nécessaire de signaler à ce propos qu'on se heurte, dans la définition du rapport de deux flux lumineux tombant sur la même cellule, à de multiples difficultés : incertitudes sur la définition géométrique de la source, sur l'évaluation des distances, sur le diamètre des pupilles; variations de la température de brillance, de l'état de polarisation du faisceau; influence de l'incidence variable des rayons lumineux tombant sur la cellule, etc.. Sauf dans des cas très rares (par exemple : emploi d'un coin de verre absorbant en lumière monochromatique) il semble difficile d'atteindre la précision annoncée.

Nous nous sommes contentés de vérifier à plusieurs reprises que le départ des caractéristiques à flux variables et tension constante de quelques cellules à atmosphère gazeuse était rectiligne à 1 pour 100 près environ jusqu'à des flux égaux ou supérieurs à 1/100$^e$ de lumen ([1]). La proportionnalité s'étend d'autant plus loin que la tension appliquée aux bornes de la cellule est plus faible.

L'emploi d'une tension relativement élevée est encore légitime si les flux utilisés sont très petits et si l'on n'approche pas trop du potentiel disruptif. Ces conditions sont celles de la mesure des pouvoirs réflecteurs dans la méthode imaginée par l'un de nous ([2]).

2° M. Capdecomme recommande l'emploi, dans les mesures, de tensions accélératrices allant jusqu'à 246 volts avec le type de cellule qu'il utilise. C'est un fait bien connu ([3]) que les caractéristiques des cellules dont la couche émissive cathodique est de structure complexe ne commencent à montrer de saturation nette que pour des potentiels dépassant souvent 150 volts. Mais la fragilité des cathodes complexes à base de cæsium est telle que des tensions de cet ordre risquent de les altérer rapidement.

Des potentiels accélérateurs de 80 volts semblent déjà avoir provoqué dans les essais de M. Capdecomme l'apparition d'anomalies dues, peut-être, au vide insuffisant qui règne en général dans ces cellules.

3° Enfin nous pensons que l'influence des variations accidentelles de la tension accélératrice ne devrait pas présenter, toutes choses égales d'ailleurs, plus d'importance avec des cellules à atmosphère gazeuse

---

([1]) G. A. Boutry, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 411; *Mesures de densités photographiques par la méthode photoélectrique* (*Thèse*, Paris, 1933, Chap. III).

([2]) J. Orcel, *loc. cit.*

([3]) L'article de E. B. Linford (*Reviews of Modern Physics*, 5, 1933, p. 34-61) rassemble les références principales concernant cette question.

qu'avec des cellules à vide, pourvu que les caractéristiques du circuit aient été judicieusement choisies. D'ailleurs l'emploi de bonnes batteries d'accumulateurs permet de supprimer ces variations.

Nous ferons remarquer en terminant qu'il n'est légitime de comparer, du point de vue sensibilité et fidélité, des cellules de ces deux catégories, qu'à la condition que leurs cathodes soient de même nature.

MAGNÉTISME. — *Effets magnétothermoélectriques longitudinaux dans le nickel et dans le fer; lois expérimentales.* Note (1) de M. **Alb. Perrier** et Mlle **T. Kousmine**, transmise par M. Pierre Weiss.

I. Les problèmes qui font l'objet de cette Note sont envisagés en général comme ressortissant au moins à deux phénomènes distincts, la variation magnétique des forces électromotrices thermoélectriques et la différence de potentiel thermomagnétique longitudinale. L'identité de ces types d'effets a été établie ailleurs par l'un de nous (2). Expérimentalement, l'ensemble de ces problèmes peut se ramener pour le ferromagnétisme à celui des f. é. m. d'un couple comprenant le métal ferromagnétique successivement non aimanté, aimanté normalement, puis enfin parallèlement au gradient de température, et un autre métal pratiquement insensible au champ magnétique. On en déduit les f. é. m. des couples formés deux à deux par les échantillons ferromagnétiques dans les trois états ci-dessus caractérisés.

Les questions théoriques auxquelles cette étude expérimentale se rattache ont dirigé notre effort en particulier vers la comparaison des effets normaux et parallèles sur les mêmes échantillons; il n'existe à notre connaissance pas de recherches d'ensemble de cette sorte; nous décrirons dans un autre recueil la technique mise en œuvre.

II. Les échantillons, du nickel laminé de la Mond Nickel Co, et du fer électrolytique très pur, étaient taillés en lames rectangulaires; nous avons étudié, en outre, des fils de fer doux du commerce. Tous ont été recuits au four électrique entre 900° et 1000°. Le tableau contient un extrait des données

(1) Séance du 19 février 1934.

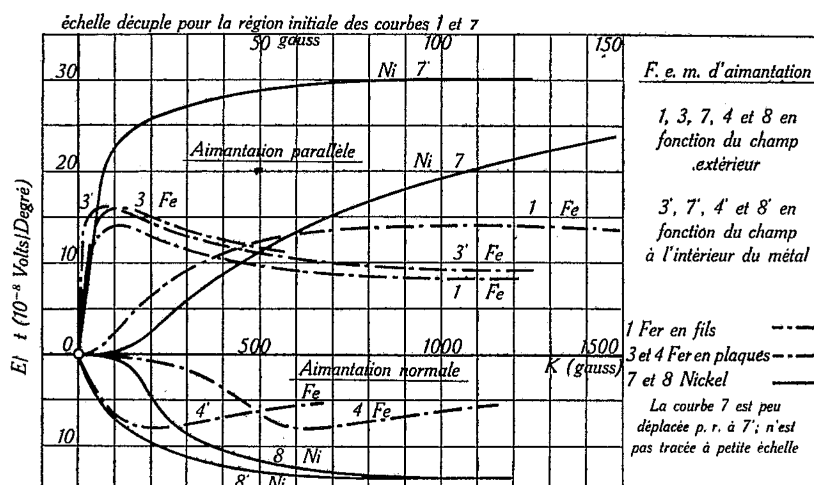
(2) A. Perrier, *Arch. Sc. phys. et nat.*, 5e série, 9, 1927, p. 347; *H. P. A.*, 1, 1928, p. 291; 3, 1930, p. 400; voir aussi *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, 56, 1928-1929, p. 645, et un Mémoire de T. Kousmine, à paraître prochainement in *Helvetica Physica Acta*.

numériques, choisies pour faire ressortir les résultats essentiels. Le champ magnétique $\mathcal{H}$ est exprimé en gauss et la f. é. m. $\Delta E$ en $10^{-8}$ volt/degré.

Les signes sont fixés en choisissant comme positif le sens du pouvoir thermoélectrique propre du métal. On a consigné dans le tableau numérique les champs *extérieurs;* les courbes dont le numéro est accentué sont tracées en fonction des champs *réels* qui comportent une certitude moins élevée.

| H. | Ni.ΔE∥. | Ni.ΔE⊥. | Fe.ΔE∥. | Fe.ΔE⊥. | Fe (fils) ΔE∥. |
|---|---|---|---|---|---|
| 55,5 | +12,4 | − 0,14 | +14,5 | −0,0 | +12,9 |
| 92,5 | +12,5 | − 0,41 | +15,6 | −0,25 | +13,9 |
| 111 | +19,7 | − 0,73 | +16,0 | – | +14,0 |
| 185 | +24,9 | − 4,02 | +15,1 | −0,6 | +13,3 |
| 277 | +26,0 | − 8,04 | +14,0 | −1,73 | +12,1 |
| 555 | +28,4 | −11,9 | +11,3 | −7,35 | + 9,55 |
| 629 | – | – | – | −8,0 | – |
| 925 | +29,6 | −13,3 | + 9,7 | −6,6 | + 8,5 |
| 1110 | +30,1 | −13,6 | + 9,2 | −5,6 | + 8,3 |
| 1300 | +30,1 | −13,3 | + 9,2 | – | + 8,2 |

III. Dans tous les corps observés, les effets de même type sont de même




signe dans l'intervalle étudié, des champs faibles jusqu'au voisinage de la saturation. *L'aimantation parallèle au gradient de température élève toujours le pouvoir thermoélectrique: l'aimantation normale, au contraire, l'abaisse toujours.*

L'apparition de limites correspondant à la saturation est manifeste sur toutes les courbes, particulièrement sur celles du nickel, en corrélation

avec la moindre intensité des effets démagnétisants dans ce métal. On constate cette différence caractéristique que dans le nickel les effets *tant normaux que parallèles* croissent régulièrement de zéro à leur limite, tandis que dans le fer ils accusent des maxima remarquablement nets, confirmant et étendant notablement ce qui avait été incidemment reconnu ou présumé pour $\mathcal{H}\parallel$ par d'autres chercheurs.

Nous n'avons *jamais observé*, le champ inducteur croissant, *de changement de signe d'aucun des effets*. Ceux que quelques travaux antérieurs ont signalés se manifestent seulement dans des champs faibles et y sont sans doute explicables, si l'on fait usage de cycles complets d'aimantation et non, comme nous, des sommets des cycles. Ils peuvent d'ailleurs fort bien être imputables aussi à des causes parasites, telles que *des anisotropies texturales moyennes* subsistant par suite de recuits insuffisants.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges des orthodiméthylcyclohexanes stéréoisomères.* Note de MM. **O. Miller** et **J. Lecomte**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons relevé, avec les spectrographes enregistreurs précédemment décrits ([1]), entre les fréquences de 495 et 1450 $cm^{-1}$ environ (en longueurs d'onde $20^{\mu},2$ à $6^{\mu},9$) les spectres d'absorption des orthodiméthylcyclohexanes stéréoisomères, préparés par l'un de nous ([2]).

I. A notre connaissance, on n'avait pas encore mesuré l'absorption infrarouge de deux stéréoisomères : comme leur structure moléculaire n'est pas la même, on pouvait prévoir que les spectres infrarouges apparaîtraient comme nettement différents, tant par la position des bandes que par leur intensité. C'est bien ce qui résulte du tableau que nous donnons ci-contre. Chacun des stéréoisomères possède en propre des maxima bien marqués qui le caractérisent et qui ne se retrouvent pas dans le spectre de l'autre stéréoisomère (ce qui indique un degré de pureté élevé pour les échantillons étudiés).

II. Si l'on compare les fréquences et les intensités des bandes que nous avons obtenues dans l'infrarouge avec celles qui ont été déterminées, au

---

([1]) P. Lambert et J. Lecomte, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 155; J. Lecomte, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1011.

([2]) O. Miller, *Bull. Soc. chim. Belg.*, 42, 1933, p. 238.

moyen du spectre de diffusion, sur les mêmes échantillons (¹), on ne trouve qu'une concordance assez médiocre. Ce résultat se reproduit d'ailleurs toutes les fois qu'il s'agit de composés à noyaux. On notera ainsi que, dans le spectre infrarouge, n'apparaît pas le maximum du composé *trans* à 749 $cm^{-1}$, et que si celui de 498 $cm^{-1}$ existe, il est trop faible pour que nous ayons pu le déceler. Par contre, les maxima infrarouges de ce même composé *trans* à 555 et 1033 $cm^{-1}$ ne se retrouvent pas dans le spectre de diffusion.

*Orthodiméthylcyclohexanes cis et trans* (fréquences en $cm^{-1}$).

| *Trans.* | | *Cis.* | |
|---|---|---|---|
| Absorption dans l'infrarouge. | Effet Raman. | Absorption dans l'infrarouge. | Effet Raman. |
| – | – | – | – |
| – | | – | 333 f. |
| – | 415 m. | – | 414 m. |
| – | 440 m. | – | |
| | 498 F. | – | |
| | | 537 t. f. | 537 m. |
| 555 m. | | 596 m. | 593 f. |
| | 749 F. | 721 m. | 730 F. |
| 818 m. | 819 m. | 803 f. | |
| 852 m. | 857 m. | 831 a. F. | 842 a. F. |
| 879 a. F. | | 875 m. | 920 f. |
| 954 F. | 950 m. | 940 a. F. | 944 m. |
| | | 974 F. | 977 a. F. |
| 994 m. | 1005 a. F. | 1004 F. | 1005 a. F. |
| 1033 f. | | | |
| 1085 m. | 1078 m. | 1073 m. | 1053 m. |
| | | | 1095 a. F. |
| 1157 f. | 1164 a. F. | 1145 m. | 1159 m. |
| | 1218 a. F. | | 1221 m. |
| 1246 f. | 1252 m. | 1240 f. | 1256 a. F. |
| | 1292 m. | | 1302 a. F. |
| | 1343 a. F. | | |
| large bande | 1355 a. F. | large bande | 1320 a. F. |
| très forte | 1446 F. | très forte | 1441 F. |
| non résolue | 1460 F. | non résolue | 1455 m. |
| .......... | ........ | .......... | ........ |

(¹) O. MILLER et L. PIAUX, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 412.

SPECTROSCOPIE. — *Le taux de polarisation de la fluorescence de la vapeur de mercure en présence d'azote.* Note de M. **A. Kastler**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une récente Note (1), j'ai étudié le taux de polarisation des raies de fluorescence de la vapeur de mercure *pure*.

L'addition d'azote à la pression de 1 à $2^{mm}$ Hg fait passer les atomes $2\,^3P_1$ par choc au niveau métastable $2\,^3P_0$, d'où l'absorption de la raie 4046 Å même également vers $2\,^3S_1$. La fluorescence est alors 10 à 20 fois plus intense et les taux de polarisation des raies sont complètement modifiés.

Le calcul de ces taux est simplifié ici par le fait que les chocs des atomes d'azote qui font passer les atomes de mercure de l'état $2\,^3P_1$ à l'état $2\,^3P_0$ désorientent ces derniers. L'occupation des divers niveaux magnétiques de $2\,^3P_0$ est donc isotrope. L'état $2\,^3P_0$ peut donc être considéré comme état initial et le résultat ne dépend que de l'état de polarisation de la raie excitatrice 4046 Å. (L'état de polarisation de la raie 2537 Å est sans influence.)

Ce cas a été étudié expérimentalement par W. Hanle et E. F. Richter, et par E. F. Richter (2), qui en ont également donné l'interprétation théorique élémentaire. (Leur travail constitue une des plus belles confirmations de la théorie de Bohr.) Le calcul complet, tenant compte de la structure hyperfine des raies, a été fait par V. v. Keussler et A. C. C. Mitchell (3).

Le Tableau I, cité par Mitchell, confronte les valeurs théoriques de cet auteur avec les résultats expérimentaux de Richter.

Tableau I.

| | 4046 Å. | 4358 Å. | 5461 Å. |
|---|---|---|---|
| $P_\pi$ Mesures de Richter ....... | $+72 \pm 6\,\%$ | $-49 \pm 6\,\%$ | $+13 \pm 1\,\%$ |
| $P_\pi$ Calculs de Mitchell ....... | $+84,7\,\%$ | $-67,0\,\%$ | $+8,6\,\%$ |

L'accord n'est pas parfait, Richter ne semble pas avoir étudié la varia-

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 723.

(2) W. Hanle et E. F. Richter, *Zts. f. Phys.*, 54, 1929, p. 811; E. F. Richter, *Ann. der Phys.*, 7, 1930, p. 293.

(3) V. v. Keussler, *Zts. f. Phys.*, 73, 1932, p. 649; Allan C. G. Mitchell, *Phys. Rev.*, 40, 1932, p. 964, et 43, 1932, p. 887.

tion de P en fonction de la pression de vapeur du mercure. Ses mesures semblent correspondre à la température ordinaire.

D'autre part, les calculs de Mitchell semblent encore entachés de quelques erreurs. J'ai en effet calculé les valeurs suivantes, un peu différentes :

TABLEAU II.

| | 4046 Å. | 4358 Å. | 5461 Å. |
|---|---|---|---|
| $P_\pi$ (%) ............ | +84,7 | −73,5 | +11,4 |
| $P_\sigma$ » ............ | +73,5 | −26,9 | + 6,02 (¹) |

L'addition d'azote à la vapeur de mercure a donc pour effet d'inverser le signe de tous les taux de polarisation, lorsque la lumière incidente est naturelle.

J'ai fait quelques mesures de $P_\sigma$ (excitation en lumière naturelle) en fonction de la température de la goutte de mercure, en présence de $2^{mm},2$ $N^2$. Le Tableau III contient les résultats des mesures.

TABLEAU III.

| Température. | P = 4046. | P = 4358. | P = 5461. |
|---|---|---|---|
| −70°......... | - | −40 ± 5 % | - |
| 0°......... | +79 ± 5 % | −33 ± 5 % | +5 ± 2 % |
| +20°......... | +76 ± 5 % | −33 ± 5 % | +3 ± 2 % |

[Ces taux de polarisation sont remarquables par leurs valeurs très élevées (elles sont dans quelques cas supérieures aux valeurs théoriques, ce qui montre que l'excitation favorise les isotopes pairs et que l'hypothèse de « broad line excitation » n'est pas justifiée) et par leur faible dépendance de la température. L'influence de la température est bien plus marquée sur la polarisation de la raie de résonance et de la fluorescence de la vapeur Hg pure. Ce fait confirme que la durée de vie du niveau $2\,^3S_1$ est plus courte que celle du niveau $2\,^3P_1$.]

*Inversion circulaire des raies de fluorescence.* — L'étude de l'inversion circulaire des raies de fluorescence commencée par W. Hanle dans le cas de la vapeur de thallium (²) présenterait également un grand intérêt pour les raies du mercure, excitées à partir du niveau $2\,^3P_0$, par la radiation 4046

(¹) Entre $P_\pi$ et $P_\sigma$ on a la relation $P_\sigma = P_\pi/2 - P_\pi$, qui permet de contrôler les calculs (SOLEILLET, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 316).

(²) *Zts. f. Phys.*, 85, 1933, p. 300.

polarisée circulairement [1]. On fait dans ce cas l'analyse circulaire de la lumière réémise parallèlement au faisceau incident et l'on mesure un degré d'inversion $r = I_v/I_r$.

J'ai calculé les valeurs suivantes de $r$ en tenant compte des isotopes impairs :

TABLEAU IV.

| | 4046 Å. | 4358 Å. | 5461 Å. |
|---|---|---|---|
| P...................... | 1/40,6 | 1/10,5 | 4,53/1 |

On voit que la polarisation circulaire des raies 4046 et 4358 est régulière alors que la raie 5461 doit être fortement inversée [conformément au saut quantique $\Delta J = 2$ qui l'apparente aux raies Raman de rotation. (Les isotopes pairs fourniraient la valeur $r = 6$, comme pour ces raies Raman, mais cette valeur est affaiblie par la présence des isotopes impairs).

FLUORESCENCE. — *Sur l'extinction magnétique de la fluorescence des molécules diatomiques de tellure.* Note [2] de M. **Jean Genard**, présentée par M. Cotton.

Smoluchowski a signalé récemment [3] que la fluorescence de $Te^2$, excitée par les raies 4047 et 4358 du mercure, était affaiblie sous l'action d'un champ de 26000 gauss. En utilisant un dispositif déjà décrit [4], et les champs produits par le grand électro-aimant de Bellevue, nous avons pu faire des mesures sur ce phénomène avec une dispersion plus grande et étudier sa variation avec le champ.

La raie + 2 de la série excitée par $\lambda$ 4047 HgI a été photométrée dans de bonnes conditions; l'intensité de cette raie en fonction du champ est donnée par la courbe de la figure 1.

Cette courbe fournit un affaiblissement de 12,3 pour 100 pour un champ de 26000 gauss; Smoluchowski avait obtenu 15 pour 100 pour le même champ; la différenee est inférieure à la précision donnée actuellement par les mesures photométriques.

---

(1) Pour réaliser l'état métastable $2^3P_0$ on peut éclairer 2537 Å en présence d'azote ou bien utiliser le procédé d'excitation électrique (Pienkowski, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 1530; R. Frisch et P. Pringsheim, *Zts. f. Phys.*, **67**, 1930, p. 169).

(2) Séance du 12 février 1934.

(3) Smoluchowski, *Z. für Physik*, **85**, 1933, p. 191.

(4) Génard, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1104 et p. 1402.

En ce qui concerne la série excitée par λ 4358, nous avons pu photométrer les termes de — 2 à + 7; toutefois, les marques d'intensité correspondant au terme — 1 étant trop faibles, nous avons dû renoncer à photométrer cette raie; le terme + 5 a dû également être abandonné parce qu'il est notablement perturbé par une raie parasite voisine [1].

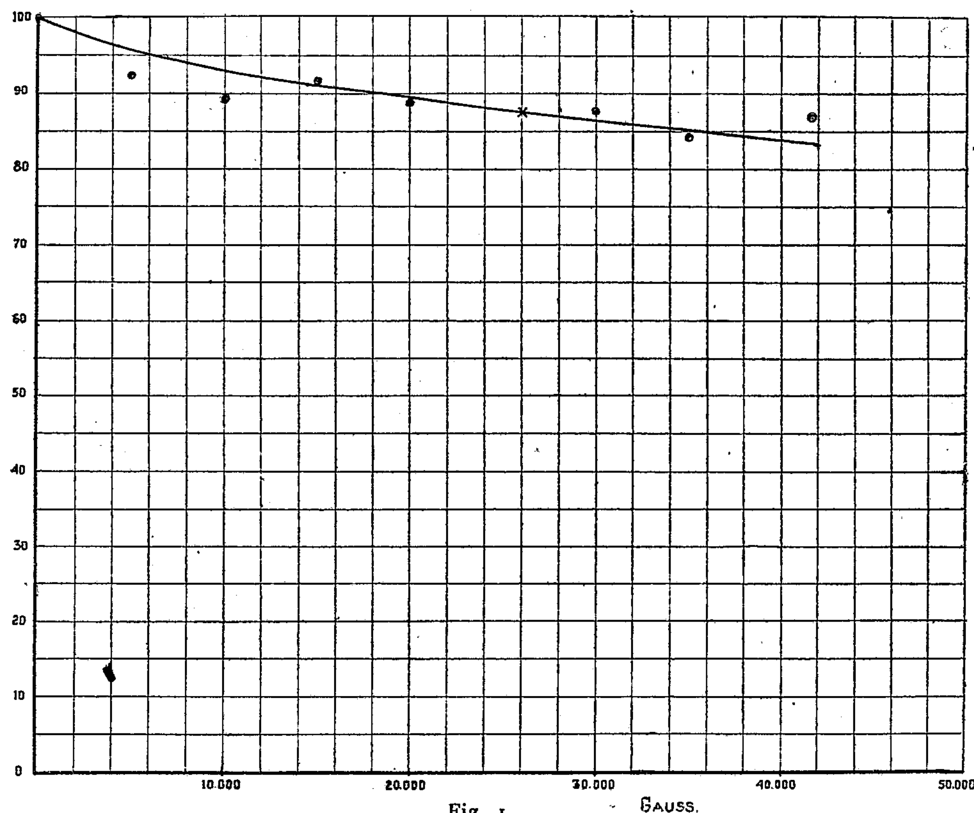



Fig. 1.

Les quatre courbes de la figure 2 donnent les valeurs de l'affaiblissement de tous les termes de la série pour les champs de 10000, 20000, 30000 et 40000 gauss. Les points $O_a$ et $O_b$ représentent deux composantes de fluorescence observées à gauche et à droite de la raie excitatrice. De même, $I_a$, $I_b$ et I sont respectivement les composantes gauche et droite et la composante centrale intense du terme + 1. Le terme A est une raie étrangère probablement à la série λ 4358 mais influencée par le champ; c'est peut-être un terme de la série excitée par λ 4348.

[1] Cet effet, que Smoluchowski ne pouvait observer avec sa dispersion, est probablement l'origine de l'affaiblissement anormal correspondant à ce terme.

Il y a lieu de remarquer les différences importantes d'affaiblissement des diverses composantes d'un même multiplet ; l'effet est surtout marqué pour les termes o et + 1.

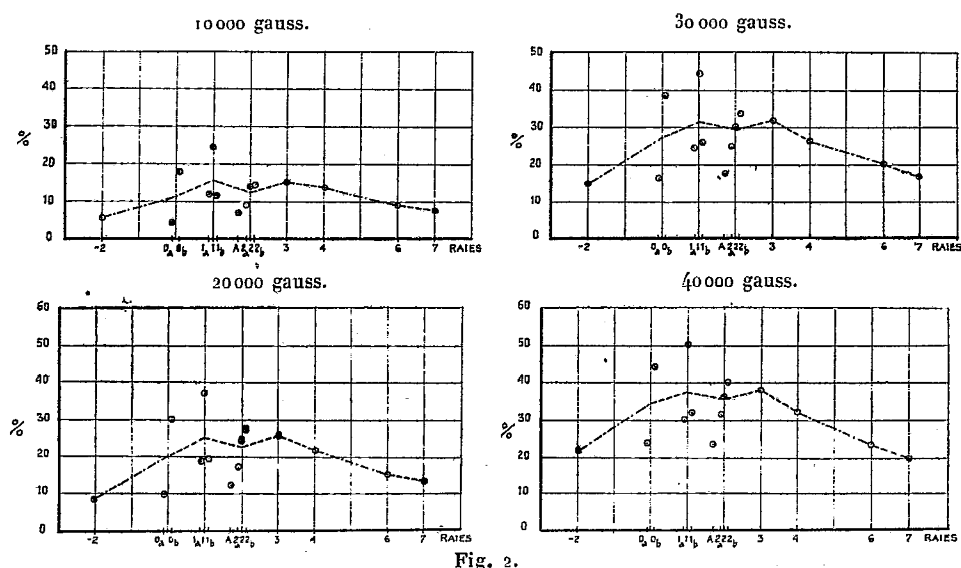



Fig. 2.

Dans la figure 3, nous avons d'abord reproduit, pour un champ de 26000 gauss, la courbe 1, qui est la courbe d'affaiblissement donnée par

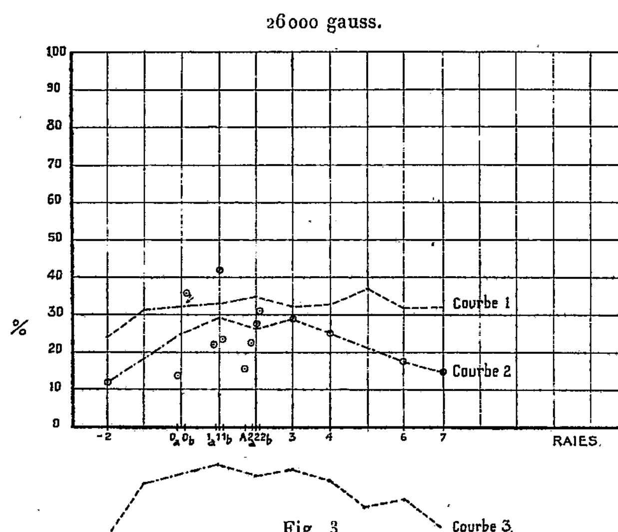



Fig. 3.

Smoluchowski pour la série λ 4358. La courbe 2 est la courbe analogue tracée d'après nos mesures. La courbe 3 représente qualitativement les intensités des différents termes de la série sans champ magnétique.

On y voit que nos évaluations de l'affaiblissement paraissent quelque peu inférieures à celles de Smoluchowski, bien que de telles mesures photométriques ne permettent pas encore actuellement une précision supérieure à 5 ou 6 pour 100.

Une autre remarque semble se dégager de l'aspect de la figure 3 : les deux courbes 2 et 3 paraissent qualitativement analogues ; ce qui semblerait indiquer que l'affaiblissement des termes varierait dans le même sens que leur intensité relative.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la distribution du radium dans les cristaux de bromure de baryum radifère.* Note de M[me] **Branca-Edmée Marques**, présentée par M. G. Urbain.

La cristallisation fractionnée du bromure de baryum radifère, faite par évaporation lente de l'eau des solutions saturées neutres, a été réalisée d'abord par M. Z. Walter et H. Schlundt ([1]) et ensuite par Riehl et Käding ([2]) On pouvait prévoir *a priori* que la distribution du radium ne serait pas uniforme dans les cristaux mixtes formés par ce procédé.

J'ai étudié cette distribution d'une manière directe sur de grands cristaux préparés à température constante et avec une vitesse d'évaporation de l'eau également constante. Pour réaliser cette étude, j'ai employé deux méthodes :

*Première méthode.* — La première méthode consiste à dissoudre petit à petit les couches successives d'un cristal, et à doser le baryum et le radium de chaque fraction enlevée.

On sait que la décroissance d'un cristal par sa dissolution progressive ne se fait pas de la même manière que sa croissance, en ce qui concerne la forme géométrique ([3]) du cristal. Mais l'étude de sa dissolution fractionnée peut fournir cependant des indications utiles sur la répartition du radium dans les couches diverses, depuis la périphérie jusqu'au centre du cristal. Il faut remarquer que la précision de ces expériences n'est pas très élevée, parce qu'en dissolvant progressivement le cristal on ne peut lui enlever couche par couche parallèles aux faces cristallines, mais on attaque un

([1]) Z. T. Walter et H. Schlundt, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 3266.

([2]) Riehl et Käding, *Zeit. f. physik. Chem.*, 149, 1930, p. 180.

([3]) Valeton, *Zeit. f. Kr.*, 59, 1924, p. 135 ; 60, 1924, p. 1 ; Friedel, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1230.

peu les couches adjacentes. Le Tableau I donne les nombres obtenus pour les expériences faites dans ces conditions.

TABLEAU I.

| Essais. | Radium en pour 100 du radium total contenu dans le cristal. Couches intérieures. | Couches moyennes. | Couches extérieures. |
|---|---|---|---|
| 1 | 53,32 | 33,59 | 13,09 |
| 2 | 55,50 | 33,43 | 11,07 |
| 3 | 48,50 | 38,41 | 13,09 |

*Deuxième méthode.* — Pour préciser les résultats on aurait pu enlever les couches qui entourent un cristal par des coupes faites parallèlement aux faces. Mais cette opération étant très difficile, j'ai eu recours à une autre méthode qui consiste à séparer les cristaux de la solution mère en différentes phases de leur croissance.

Une solution de concentration connue a été soigneusement agitée, et elle a été partagée entre trois récipients cylindriques ayant le même diamètre interne. Les trois solutions ont été soumises simultanément aux mêmes conditions d'évaporation lente de l'eau à température constante. Les cristaux formés ont été recueillis au bout d'environ 24 heures après le début de la cristallisation dans le premier récipient; au bout d'environ 48 heures dans le deuxième; et au bout d'environ 62 heures dans le troisième récipient.

Dans un des essais (n° 1) j'ai réussi à obtenir un seul cristal dans chacune des trois solutions. Dans les autres cas j'ai choisi, parmi les cristaux, ceux qui avaient des facies identiques, lesquels dépendent des courants de convexion. Ces courants sont dus aux différences de concentration qui s'établissent dans les solutions non agitées pendant la formation des cristaux, et ils ont pour effet d'amener la substance cristallisable en plus ou moins grande quantité sur certaines directions du cristal [1].

Cette méthode permet donc de recueillir des cristaux formés dans les mêmes conditions dans des solutions identiques, et les résultats doivent être très approximativement les mêmes que si l'on avait fait des coupes parallèlement aux faces de chaque cristal. Les résultats numériques sont inscrits dans le Tableau II.

---

[1] P. GAUBERT, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1230.

TABLEAU II.

| Essais. | Après 24 heures de cristallisation. | | Après 48 heures de cristallisation. | | Après 62 heures de cristallisation. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ba %. | Ra %. | Ba %. | Ra %. | Ba %. | Ra %. |
| 1............. | 5,44 | 32,11 | 15,65 | 64,01 | 62,49 | 99,80 |
| 2............. | 4,63 | 27,68 | 8,87 | 39,82 | 22,21 | 76,01 |
| 3............. | 6,47 | 34,32 | 10,12 | 47,89 | 40,08 | 93,36 |

*Conclusions.* — Les résultats des expériences faites par les deux méthodes montrent, par une voie directe, que le pourcentage de radium décroît des couches centrales vers celles de la périphérie des cristaux.

En outre, les nombres du Tableau II mettent en évidence, par une méthode nouvelle, le mécanisme suivant lequel le sel de radium se sépare de la solution pour la construction des cristaux mixtes avec le sel de baryum, dans le cas de la cristallisation lente dans des solutions saturées et non agitées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formation d'anneaux de Liesegang par électrolyse.* Note de M. EDMOND BANDERET.

Dans une Note précédente (¹), nous avons indiqué une méthode pour obtenir des anneaux particulièrement fins (*fig.* 1). La loi de Mac Veil

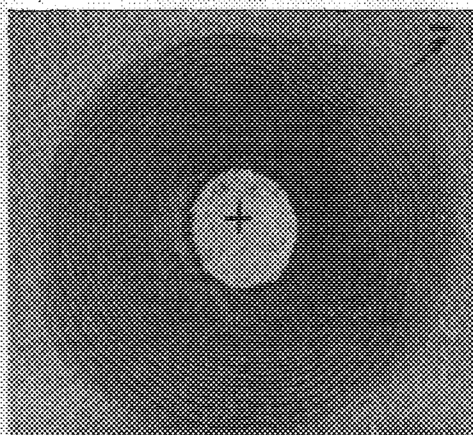



Fig. 1. — Tension appliquée, 4 volts.

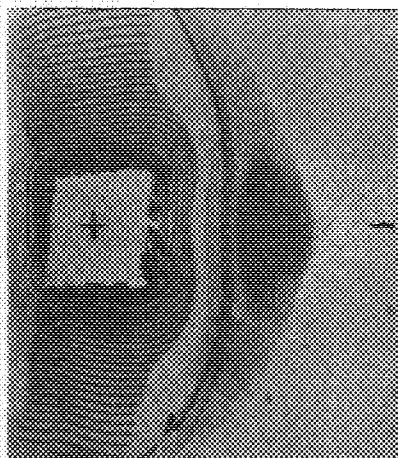



Fig. 2. — Tension appliquée, 4 volts.

$\sqrt{\delta} = an + b$ ($n$ numéros d'ordre et $\delta$ écarts entre les anneaux) se trouve bien vérifiée. $a$ est dans notre méthode fonction de la tension $\mathcal{E}$, de sorte

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1785.

que nous trouvons approximativement.

$$a\mathcal{E} = \text{const.}$$

Cette constante dépend peu de la température, mais très fortement de la gélatine utilisée, ainsi que de la concentration en bichromate de potassium.

Les anneaux sont parfaitement symétriques. Il n'y a pas, contrairement à l'effet observé par M^lle Veil dans le cas de la diffusion des carbonates alcalins (¹), d'effet direct sur la formation des anneaux. Mais si nous laissons la tension appliquée pendant un temps suffisant, l'effet de la cathode devient prépondérant. La zone cathodique s'étend et détruit les anneaux. L'image obtenue n'est pas toujours la même. Le cas représenté par la figure 2 est assez fréquent. Le bichromate d'argent est soit amassé sur un anneau de nouvelle orientation et très opaque, soit étalé d'une manière irrégulière au delà de cet anneau. Nous en avons conclu que la dissymétrie obtenue ici était un effet secondaire du champ, une dissolution ou une destruction du bichromate d'argent par des produits formés à la cathode et diffusant dans la gélatine. Il est difficile de préciser la nature de ces produits vu la constitution problématique de la gélatine.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'adsorption des électrolytes par les surfaces cristallines. Influence du signe de la charge électrique de l'adsorbant.* Note (²) de M^lle **Lucia de Brouckere**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons étudié précédemment l'adsorption de l'acide chlorhydrique et d'une série d'halogénures métalliques par du *sulfate de baryum dont la surface était électrisée positivement par rapport à l'eau* (³). Nous communiquons, à présent, les résultats de quelques expériences effectuées avec un *nouvel échantillon de sulfate barytique constitué par des cristaux de même forme que les anciens, mais portant, cette fois, une charge négative.*

Les adsorbants ont tous été préparés en mélangeant, à l'ébullition, des volumes égaux de deux solutions contenant, l'une des ions $Ba^{++}$, l'autre des ions $SO_4^{=}$ à la concentration de 0,1 équivalent-gramme par litre (⁴). Le précipité formé était toujours *positif*

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 258.

(²) Séance du 19 février 1934.

(³) *Ann. Chim.*, 10^e série, **19**, 1933, p. 85.

(⁴) On trouvera dans le Mémoire cité des indications détaillées concernant la préparation des échantillons positifs, le lavage et la conservation du sulfate de baryum.

lorsqu'on versait rapidement de l'acide sulfurique dans du chlorure de baryum, *négatif* quand on ajoutait le chlorure de baryum par petite portions à une solution de sulfate de potassium [1]. Le signe de la charge superficielle des cristaux a été déterminé dans chaque cas par des expériences d'électrosmose.

Nos nouvelles mesures sont relatives à l'adsorption des chlorures de sodium et de potassium et de l'iodure de potassium [2]. Elles ont montré qu'à 25° les courbes $\log x = f(\log C)$ ($x$, quantité d'électrolyte adsorbé, C, concentration de la solution à l'équilibre), ont la même allure générale que dans le cas des adsorbants positifs (*fig.* 1 et 2). Ces courbes pré-

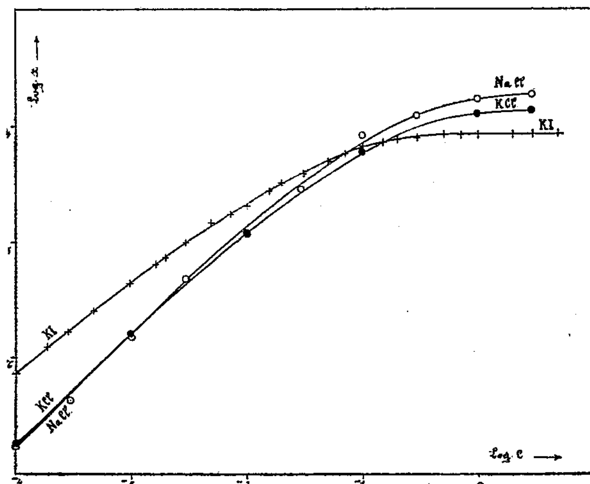


Fig. 1. — Adsorbant positif.

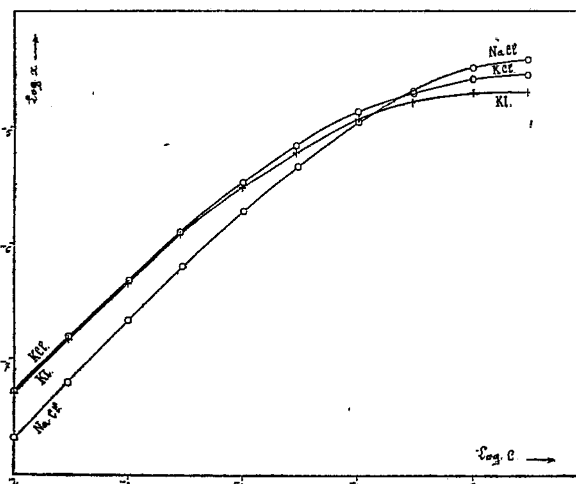


Fig. 2. — Adsorbant négatif.

sentent notamment toutes une asymptote horizontale dont l'existence indique, qu'en solutions suffisamment concentrées, la quantité $x$ d'électrolyte fixé tend vers une valeur limite $x_s$, correspondant à la saturation de la surface. On voit que *les asymptotes des isothermes relatives aux trois halogénures étudiés se placent dans le même ordre pour nos deux échantillons de sulfate de baryum* $[(x_s)_{IK} < (x_s)_{ClK} < (x_s)_{ClNa}]$.

L'examen du tableau ci-après montre de plus que, si $C \geqq 1$ mol-g de substance dissoute par litre, les valeurs des rapports $x_{ClK}/x_{ClNa}$, $x_{ClK}/x_{IK}$ sont à peu près indépendantes du signe de l'adsorbant.

---

(1) Nous n'avons encore trouvé aucune interprétation satisfaisante de ce fait expérimental.

(2) Nous avons utilisé la méthode décrite dans notre Mémoire aux *Annales de Chimie* sous le nom de méthode directe par digestion.

| C. | $x_{ClK}/x_{ClNa}$. Surface positive. | Surface négative. | $x_{ClK}/x_{IK}$. Surface positive. | Surface négative. |
|---|---|---|---|---|
| 3,000......... | 0,722 | 0,741 | 1,50 | 1,41 |
| 1,000......... | 0,745 | 0,771 | 1,34 | 1,28 |
| $1,000.10^{-1}$.... | 0,822 | 1,22 | 0,945 | 1,13 |
| $1,000.10^{-2}$.... | 0,955 | 1,83 | 0,596 | 1,09 |
| $1,000.10^{-3}$.... | 1,01 | 2,22 | 0,362 | 1,05 |
| $1,000.10^{-4}$.... | 1,04 | 2,52 | 0,256 | 1,05 |

Ces résultats sont, comme ceux de nos recherches antérieures, *d'accord avec l'hypothèse d'une pellicule monomoléculaire*. En effet, si cette hypothèse est exacte, les valeurs de $x_s$ doivent, pour chacun des adsorbants, dépendre surtout des dimensions des particules retenues et être d'autant plus grandes que ces dernières sont plus petites.

En ce qui concerne les équilibres d'absorption qui s'établissent en solutions diluées ($C \leqq 0,01$ mol-g par litre), rappelons que dans le cas d'un adsorbant positif la quantité d'électrolyte fixé dépend beaucoup plus, toutes choses égales d'ailleurs, de la nature de l'anion que de celle du cation (*fig.* 1) [1]. Cela s'explique si l'on admet que *l'adsorption des halogénures métalliques à la surface d'un cristal positif se fait principalement par fixation directe d'ions négatifs des cations en nombre équivalent étant retenus secondairement par attraction électrostatique*. En remplaçant le sulfate de baryum positif par du sulfate de baryum négatif on constate, au contraire, que les isothermes relatives aux deux chlorures divergent nettement dès leur origine (le rapport $x_{ClK}/x_{ClNa}$ est très différent de l'unité) tandis que les courbes relatives aux deux sels de potassium sont presque confondues tant que la surface est loin d'être saturée par rapport à l'électrolyte ($x_{ClK}/x_{IK}$ est voisin de 1). Cette influence prépondérante de la nature de l'ion positif semble indiquer que *ce sont, cette fois, les cations qui sont en contact direct avec le solide négatif, et qu'ils maintiennent dans leur voisinage un nombre équivalent d'anions*.

*Tout se passe donc comme si l'adsorption des électrolytes par nos échantillons de sulfate de baryum résultait, en tout ou en partie, d'actions électrostatiques et portait principalement sur des particules portant une charge opposée à celle de la surface adsorbante.*

---

[1] Mémoire cité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la possibilité d'utiliser le microscope dans l'étude des phénomènes de détonation.* Note (¹) de MM. A. Michel-Lévy et H. Muraour, présentée par M. G. Urbain.

L'étude des phénomènes qui accompagnent la détonation n'a pu, jusqu'ici, être effectuée qu'en opérant sur des masses relativement grandes d'explosifs. Nous nous proposons de montrer dans cette Note que certains de ces phénomènes peuvent être étudiés en opérant avec un poids d'explosif inférieur au milligramme.

Pour effectuer une étude de ce genre, il est naturellement nécessaire d'utiliser des explosifs susceptibles de prendre immédiatement, par surchauffe brusque, le régime détonant. Il faut de plus que la décomposition de l'explosif s'accompagne de la mise en liberté d'un métal : plomb ou argent.

*C'est en effet l'examen, au microscope, des dépôts formés sur la plaque de verre porte-objet qui nous permettra de tirer des conclusions relatives aux phénomènes qui accompagnent la détonation.*

L'azoture de plomb remplit remarquablement bien ces conditions.

Le dessin laissé sur le porte-objet par la détonation d'un granule d'azoture de $0^{mm},5$ de diamètre, observé à un grossissement de 370 diamètres, montre une zone centrale à peu près circulaire, dans laquelle s'est déposée une multitude de gouttelettes de plomb parfaitement rondes. Cette zone est assez brusquement délimitée par une ligne enrichie en plomb, surtout à l'opposé du point de contact du fil rougi, et tout l'espace circulaire qui l'entoure est recouvert par un dépôt de plomb très pulvérisé, déposé en flèches très fines suivant des directions rayonnantes.

Ce dessin exprime que les pressions au moment de la détonation ont été en équilibre au centre. Puis brisant la résistance de l'air, les gaz, en se détendant, ont pris une vitesse progressive, déposant du plomb sous forme de flèches de plus en plus longues.

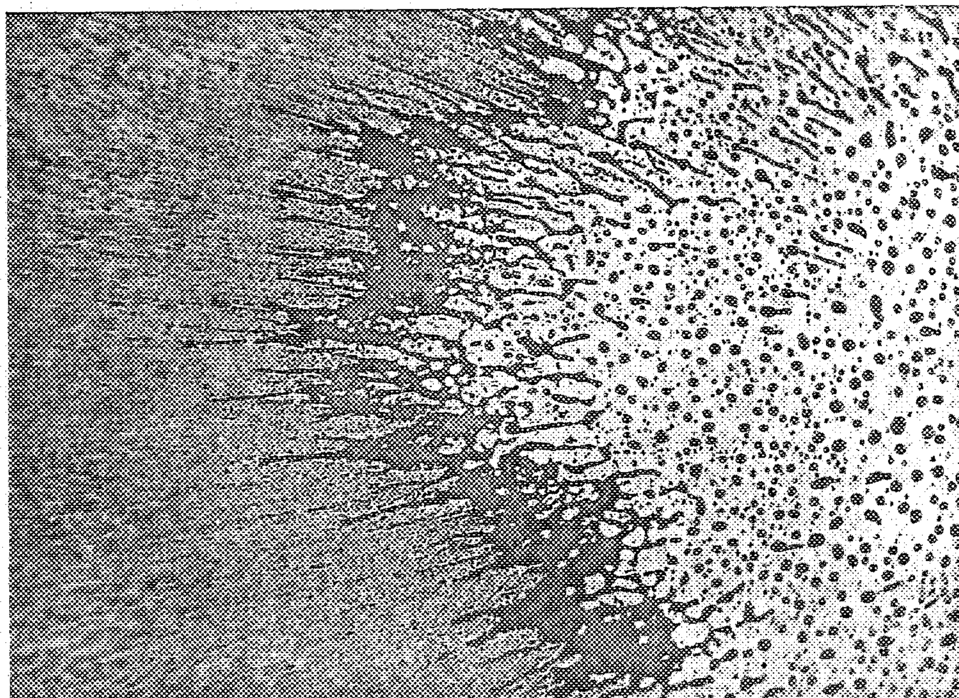
Dans un autre essai, nous avons placé sur le porte-objet à côté du granule à faire détoner par le fil rougi un deuxième granule placé à plus ou moins grande distance. Deux cas sont à envisager :

1° A distance faible ($3$ à $4^{mm}$). Le deuxième granule a détoné par *l'onde*

(¹) Séance du 19 février 1934.

*de choc*, avec très peu de retard sur le premier granule; les gaz en provenance de cette deuxième détonation ont rencontré ceux venant de la première, déterminant un dépôt de plomb suivant une ligne d'interférence perpendiculaire à la ligne des centres des deux granules.

2° Le deuxième granule est à plus grande distance (environ $15^{mm}$);



Dépôt de plomb sur une plaque de verre, après détonation d'un granule d'azoture de plomb de $0^{mm},5$ de diamètre; à droite, centre de la détonation; grossissement à 370 diam. d'un secteur de la tache.

l'onde de choc n'est plus assez puissante pour le faire détoner. Il est décomposé par l'arrivée des gaz chauds. Il n'y a pas interférence.

On retrouve dans ces expériences les deux phénomènes photographiés par Laffite et Patry.

L'onde de choc se transmet par l'air; si donc nous opérons dans le vide, nous ne devons plus observer que le second mode de transmission; les interférences ne doivent pas apparaître, même si les grains sont placés à faible distance. C'est, en effet, ce que nous avons observé.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution des solutions bromhydriques de sels de cobalt et de cuivre.* Note de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai étudié [1] l'absorption lumineuse des solutions chlorhydriques de sulfate de cobalt. Les résultats s'interprètent quantitativement en admettant la formation de deux complexes chlorés. Les réactions d'équilibre correspondantes obéissent à la loi d'action de masse, lorsqu'on prend, comme masse active des ions chlore, une quantité proportionnelle à l'activité moyenne de l'acide chlorhydrique; les deux ions complexes ont respectivement pour formule $(CoCl)^+$ et $(CoCl^3)^-$ [2], les constantes d'équilibre correspondantes ayant pour valeur, à 18°,

$$K_1 = \frac{[CoCl^+]}{[Co^{++}](\gamma m)} = 4,5.10^{-3} \quad \text{et} \quad K_2 = \frac{[CoCl^{3-}]}{[CoCl^+](\gamma m)^2} = 2,9.10^{-4} \quad (^3).$$

Howell et Jackson [4] ont basé sur des résultats expérimentaux très voisins une théorie un peu différente. Il est intéressant de rechercher si l'interprétation qui précède peut s'appliquer à d'autres exemples.

1° La couleur des solutions bromhydriques de sels de cobalt est tout à fait analogue à celle de leurs solutions chlorhydriques; l'étude quantitative du phénomène peut se poursuivre par la même méthode et dans les mêmes conditions : elle conduit aux mêmes résultats. Tout se passe comme si ces solutions contenaient, en équilibre, les trois ions : $Co^{++}$, $(CoBr)^+$ et $(CoBr^3)^-$ [2], dans les proportions suivantes :

| Concentration de BrH en (mol/l.) ... | 0. | 2. | 4. | 6. | 7. | 8. | 10. | 12. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Co^{++}$ pour 100 .......... | 100 | 98,6 | 91,4 | 69 | 40 | 2 | | |
| $(CoBr)^+$ » .......... | | 1,4 | 8,6 | 31 | 55 | 65 | 6,6 | |
| $(CoBr^3)^-$ » .......... | | | | | 5 | 33 | 93,4 | 100 |

les constantes d'équilibre ayant pour valeurs à 18° :

$$K_1 = \frac{[CoBr^+]}{[Co^{++}](\gamma m)} = 5.10^{-3} \quad \text{et} \quad K_2 = \frac{[CoBr^{3-}]}{[CoBr^+](\gamma m)^2} = 1,1.10^{-5} \quad (^5).$$

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 181.

(2) Indépendamment des molécules d'eau qu'ils peuvent contenir.

(3) Les expressions entre crochets représentent les concentrations moléculaires des ions considérés, $\gamma$ est le coefficient d'activité de l'acide chlorhydrique, $m$ sa molarité.

(4) *Proc. Royal Soc.*, **142**, 1933, p. 587.

(5) Les différents termes ont la même signification que précédemment. J'ai admis qu'à 18° les coefficients d'activité de l'acide bromhydrique diffèrent peu des valeurs déterminées à 25° (Lewis et Randall, *Thermodynamics*, p. 519).

2° Les solutions bromhydriques de sels de cuivre prennent une teinte rouge foncé lorsque leur teneur en acide est assez forte.

J'ai mesuré, pour différentes longueurs d'onde, les coefficients d'absorption de solutions aqueuses étendues de sulfate de cuivre, contenant des quantités variables d'acide bromhydrique. Dans la plus grande partie du spectre visible, l'absorption est négligeable jusqu'à une concentration de $3^{mol}$ d'acide par litre, elle augmente ensuite rapidement et paraît tendre vers une limite, atteinte aux environs de 10 N. Si l'on pose cette limite égale à 100, les courbes relatives aux diverses longueurs d'onde se superposent exactement, elles permettent de calculer la teneur en composé final des différentes solutions. Les courbes ne se déforment sensiblement que pour les petites fréquences et à partir de 7000 Å environ. Ce fait rend les mesures plus délicates et les calculs moins précis que dans les deux exemples précédents. On peut néanmoins montrer que, si de l'absorption mesurée on retranche la partie due au composé final, les solutions se comportent comme des mélanges de deux constituants (1) (l'ion cobalt primitif et un complexe intermédiaire), dont on peut calculer les proportions. La loi d'action de masse, appliquée dans les mêmes conditions que précédemment conduit encore à admettre pour les deux ions complexes les formules $(CuBr)^+$ et $(CuBr^3)^-$ (2).

Le tableau suivant indique les proportions des trois constituants pour différentes teneur en acide et la valeur des constantes d'équilibre à 18° :

| Concentration de BrH (mol/l) | 0. | 1. | 3. | 5. | 7. | 8. | 10. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Cu^{++}$ pour 100 | 100 | 96 | 71 | 18 | 1,4 | 0,25 | – |
| $(CuBr)^+$ » » | – | 4 | 28,2 | 46,5 | 11,2 | 4 | – |
| $(CuBr^3)^-$ » » | – | – | 0,8 | 35,5 | 87,4 | 95,7 | 100 |

$$K_1 = \frac{[CuBr^+]}{[Cu^{++}](\gamma m)} = 6,3.10^{-2} \quad \text{et} \quad K_2 = \frac{[CuBr^{3-}]}{[CuBr^+](\gamma m)^2} = 6.10^{-4} \quad (3).$$

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Réaction différenciant divers aluminates de calcium hydratés.* Note (4) de MM. **A. Travers** et **Pierre Leduc**, présentée par M. C. Matignon.

Au cours des études que nous poursuivons sur les aluminates de calcium hydratés, nous avons été amenés à faire une observation qui paraît présenter quelque intérêt.

Si l'on traite l'hexahydrate *cubique* de Thorvaldson (5) par une solution

---

(1) Tout au moins jusqu'à une concentration de $10^{mol}$ d'acide par litre.

(2) *Loc. cit.* [note (2) de la page 827].

(3) *Loc. cit.* [note (5) de la page 827].

(4) Séance du 12 février 1934.

(5) Thorvaldson et Grace, *Canad. J. Research*, 1, 1929, p. 36-47.

de $ClNH^4$ dans l'alcool *absolu*, à l'ébullition, on ne déplace que des traces de $NH^3$, malgré une ébullition de une heure et demie.

| Prise d'essai. | Durée d'ébullition. | Poids de CaO ayant réagi. | Pour 100 d'hydroaluminate attaqué. |
| --- | --- | --- | --- |
| 0,502 g | 30 minutes | 0,0028 g | |
| » | 1 h. 30 m. | 0,0037 | 0,74 |
| 0,502 | 5 heures | 0,0037 | |
| » | 10 heures | 0,0059 | 1,17 |

Au contraire, quand on part d'autres aluminates hydratés, comme ceux que nous avons décrits [1] : aluminates en aiguilles, aluminates en sphérolithes, aluminates en écailles hexagonales, ainsi que de l'aluminate «soyeux» de H. Le Chatelier, on observe dans le même temps, et toutes conditions égales d'ailleurs, un déplacement très important de $NH^3$, qui peut correspondre à la presque totalité de la chaux renfermée dans l'aluminate, si l'opération dure un temps suffisant.

En particulier, il est remarquable que l'aluminate tricalcique en aiguilles $Al^2O^3.3CaO.21H^2O$, que nous avons décrit antérieurement, se comporte tout différemment de l'aluminate cubique de Thorvaldson et Grace, de même composition.

La vitesse de réaction des diverses formes sur le chlorhydrate d'ammoniaque en solution alcoolique, est très différente suivant l'espèce : c'est l'aluminate de Le Chatelier (plus connu sous le nom d'aluminate tétracalcique) qui libère sa chaux le plus rapidement. Après 1 heure et demie de chauffage à 78°, 85 pour 100 de la chaux totale ont réagi; avec les aluminates en aiguilles et en écailles hexagonales, 25 pour 100 seulement sont entrés en réaction; dans le cas de l'aluminate en sphérolithes, on obtient des nombres intermédiaires.

On pouvait supposer que l'attaque facile de ces dernières formes d'aluminates hydratés était une conséquence de la déshydratation, par l'alcool absolu, bouillant, de ces cristaux qui renferment de 9 à 21 $H^2O$ suivant le mode de dessiccation. Il n'en est rien. Nous avons mesuré en effet la déshydratation produite par traitement à l'alcool absolu, *seul*, à l'ébullition, pendant 1 heure et demie; elle est négligeable, inférieure à 2 pour 100.

D'autre part, à titre de contre-épreuve, nous avons repris l'attaque de l'aluminate cubique, en ajoutant à l'alcool absolu ($200^{cm^3}$), renfermant un excès de $ClNH^4$ solide, une quantité d'eau correspondant à la totalité de l'eau d'hydratation des cristaux d'aluminates se présentant sous la forme

(1) A. TRAVERS et SEHNOUTKA, *Ann. Chim.*, 10e série, 13, 1930, p. 260.

d'aiguilles, sphérolites, hexagones, ou de l'aluminate soyeux de Le Chatelier; on ne déplace dans ces conditions que des traces de $NH^3$.

| Prise d'essai (hexahydrate cubique). | Durée d'ébullition. | Poids de CaO ayant réagi. | Pour 100 d'aluminate hydrolysé. |
|---|---|---|---|
| $0^g,500$ ($+0^g,250$ d'eau) (¹) | 1 h. 30 m. | $0^g,0069$ | 1,38 |
| $0^g,500$ ($+0^g,500$ d'eau) | 1 h. 30 m. | $0^g,0072$ | 1,44 |

La résistance de cet aluminate est donc spécifique.

Cette réaction très simple manifeste une différence nette de constitution entre l'aluminate cubique et les autres variétés : *la chaux est fixée beaucoup plus solidement dans le premier que dans les autres.*

Aux faits précédents, il convient d'ajouter les observations suivantes :

*a.* Les solutions saturées à 21° C. de l'hexahydrate cubique ont un pH de 11 seulement (Thorvaldson et Grace), tandis que l'aluminate tricalcique à 21 $H^2O$, que nous avons décrit, est stable en milieu de pH voisin de 11,6.

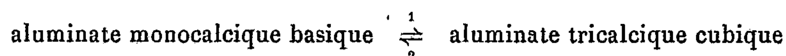
*b.* La solution de l'hexahydrate cubique, d'après les auteurs canadiens, a également la composition du *tri*calcique; nous avons montré au contraire, que les autres aluminates hydratés donnaient une solution de composition assez voisine de celle de l'aluminate *mono*calcique. On est donc amené à penser que l'hexahydrate cubique, moins hydrolysé, ne dérive pas du même acide que les autres. Nous le rattachons à l'acide $Al(OH)^3$, tandis que les autres espèces se comportent comme des *sels basiques* de l'acide $AlO^2H$, moins fort que $Al(OH)^3$. Ces divers aluminates, *y compris l'aluminate tricalcique en aiguilles*, auraient une formule du type :



$$Al^2O^3.CaO.n\,CaO.Aq.$$

Par chauffage (par exemple à 100°) les sels de ce dernier type se transformeraient en sels de l'autre acide $Al(OH)^3$, en donnant l'hexahydrate cubique, avec libération de chaux et accroissement corrélatif du pH.

La transformation :



$$\text{aluminate monocalcique basique} \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} \text{aluminate tricalcique cubique}$$

serait possible dans les deux sens, mais beaucoup plus facile dans le

(¹) Les cristaux d'hydroaluminates les plus riches en eau sont ceux de l'aluminate tricalcique en aiguilles, à 21 $H^2O$ (55,86 pour 100).

sens 1; en particulier, à température supérieure à 25°C., on aurait comme forme stable l'aluminate tricalcique cubique [Thorvaldson et Grace [1], Pukall [2]].

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence de trois variétés allotropiques du calcium.* Note [3] de M. **P. Bastien**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Opérant sur du calcium sublimé en petite quantité, Rinck [4] a montré, au moyen de l'analyse thermique et de la variation de la conductibilité électrique en fonction de la température, l'existence d'une modification allotropique se produisant à 450°C.

Nous nous sommes proposé de préciser, à l'aide de plusieurs méthodes physiques, le nombre des variétés allotropiques de ce métal, en opérant sur du calcium sublimé en assez forte quantité ($2^{kg}$) dans le vide et refondu sous argon, suivant la technique et dans les appareils mis au point par Chaudron et Hérenguel [5].

Les expériences suivantes furent faites en atmosphère d'argon :

*Analyse thermique différentielle.* — Opérée en mesurant, en fonction du temps, la différence de température de deux cylindres de même volume en calcium et magnésium sublimés, refroidis lentement dans un milieu sensiblement isotherme : la courbe (I) met en évidence deux dégagements de chaleur se produisant respectivement à 435 et 270°, celui-ci étant environ trois fois plus faible que le premier.

*Thermoélectricité différentielle.* — L'étude du pouvoir thermoélectrique du calcium sur une éprouvette cylindrique, longue ($13^{cm}$) ne nous a permis de déceler que l'anomalie se produisant à 435°. Nous avons alors déterminé, en fonction de la température, le pouvoir thermoélectrique d'une éprouvette de calcium courte ($5^{cm}$) et conique, reliée à deux fils de platine. Cette méthode permit de mettre en évidence, à l'échauffement, deux anomalies, respectivement à 240 et 430° (cette dernière étant dédoublée ainsi que le montre la courbe (II).

*Dilatation.* — Les courbes de dilatation, tracées au dilatomètre Chève-

---

(1) Thorvaldson et Grace, *loc. cit.*

(2) Pukall, *Silikat Zeit.*, 4, 1914, p. 72; 2, 1914, p. 95.

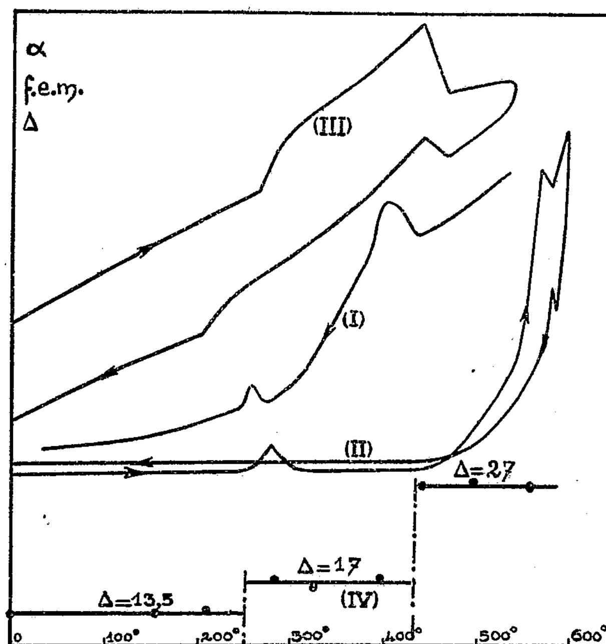
(3) Séance du 19 février 1934.

(4) Rinck, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 421.

(5) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 771, et 195, 1932, p. 1272.

vard, montrent l'existence de deux transformations, se produisant à l'échauffement, l'une avec expansion à 265°, l'autre avec contraction à 440°. Au refroidissement, les transformations inverses se produisant à 440 et 205°, cette dernière avec une forte hystérésis [courbe (III)].

Nous avons, de plus, effectué des cycles successifs de dilatation à l'air




ainsi qu'en atmosphère d'oxygène et d'azote : les courbes révèlent en plus des deux transformations mentionnées ci-dessus des anomalies résultant de l'action de ces gaz (l'azote en particulier) sur le calcium.

Enfin, des mesures de dureté, faites sur des éprouvettes de calcium ayant subi des trempes à températures échelonnées, confirment l'existence de deux points de transformation [courbe (IV)].

En résumé, il se dégage des expériences faites l'existence de deux modifications allotropiques, se produisant la première vers 260°, la seconde entre 430 et 440° et, par suite, l'existence de *trois variétés allotropiques* du calcium.

Il est à remarquer que Schulze et Schulte-Overberg (¹), opérant sur du calcium commercial, viennent de signaler une brisure à 300° de la courbe

(¹) *Metallwirstchaft*, **12**, 1933, p. 633-635.

conductibilité électrique-température de ce métal et attribuent ce fait à une *recristallisation :* cette explication est erronée puisque nous avons trouvé cette anomalie, à l'aide de plusieurs méthodes, sur du métal brut de coulée et par suite non écroui.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions de l'acétate de chrome divalent.* Note de M. **M. Châtelet** et M^me^ **P.-M. Châtelet**, présentée par M. G. Urbain.

L'acétate de chrome divalent $Cr(C^2H^3O^2)^2$ précipite à l'état anhydre par action de l'acétate de sodium sur les solutions de chlorure chromeux. Il se présente sous forme d'une poudre rouge qui, lorsqu'elle est abandonnée à l'air, s'oxyde rapidement. Nous avons reconnu que si on le débarrasse soigneusement de son humidité par lavages à l'alcool et à l'éther il devient possible de le manipuler à l'air libre sans qu'il présente de traces d'oxydations pendant une vingtaine de minutes. Ce composé est l'un des rares composés anhydres non complexes du chrome divalent qui ne soit point blanc.

*a. Action de* HCl *gazeux sur l'acétate chromeux humide.* — De l'acétate chromeux lavé à l'eau puis grossièrement essoré dans une cage remplie d'azote est mis en suspension dans du benzène dans un vase clos parcouru par un courant d'azote. On fait alors barboter dans la suspension un courant de gaz HCl sec exempt d'oxygène. En quelques minutes le précipité perd sa couleur rouge, devient grisâtre et s'échauffe en subissant une oxydation partielle.

Le produit obtenu filtré dans un courant d'air sec puis séché sous vide dans un dessiccateur à anhydride phosphorique se présente sous forme d'une poudre vert clair dont la composition correspond toujours à la formule $Cr^2OCl^4 5H^2O$, pourvu que la quantité d'eau subsistant dans l'acétate employé ne soit pas trop petite. Si l'on pousse la dessiccation de celui-ci trop loin on obtient des produits dans lesquels le rapport du chrome au chlore reste le même, mais où la proportion d'eau est variable. Le corps obtenu présente une affinité considérable pour la vapeur d'eau, et de plus il est remarquable de constater que si l'on attaque l'acétate chromeux en suspension dans le benzène par un courant d'acide HCl mélangé à de l'oxygène on obtient non pas l'oxychlorure décrit mais des mélanges dans lesquels le rapport du chrome au chlore est intermédiaire entre ceux que donnent les formules $Cr^2OCl^4$ et $CrCl^3$.

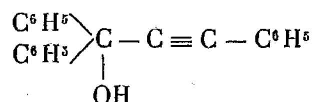
*b. Action de la pyridine.* — Si l'on traite de l'acétate chromeux sec par de la pyridine pure et si l'on précipite la liqueur obtenue par l'éther on obtient une poudre rose dont la composition devient constante au bout de 48 heures de contact avec le mélange à volumes égaux de pyridine et d'éther. Sa composition correspond à la formule $[Cr(C^2H^3O^2)^2]^2Py$. Le corps rose pâle est rapidement oxydé à l'eau en donnant une poudre brun clair.

*c. Action du gaz ammoniac.* — L'acétate chromeux sec mis en suspension dans le benzène anhydre et traité par un courant de gaz $NH^3$ exempt d'oxygène devient rapidement violacé. Après une quinzaine de minutes d'action la composition des corps formés reste constante et correspond à la formule $[Cr(C^2H^3O^2)^2]^2NH^3$. Le corps obtenu est rouge violacé oxydable à l'air mais pas très rapidement.

Le fait qu'aussi bien pour l'ammoniacate que pour le pyridinate la réaction mette en jeu $2^{mol}$ d'acétate chromeux nous semble à rapprocher du fait que ce corps présente une couleur anormale pour un sel chromeux anhydre et donne à penser que l'acétate chromeux doit être polymérisé.

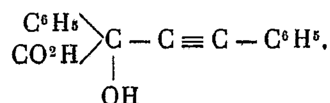
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un acide alcool à fonction acétylénique : l'acide phényl-phényl-éthinyl-glycolique* : $C^{16}H^{12}O^3$. Note de M. **Maurice Loury**, présentée par M. Delépine.

Nous avons constaté qu'en remplaçant l'un des phényles par le groupement carbéthoxyle $CO^2C^2H^5$ dans la molécule



les propriétés essentielles de la série des aryl-aryléthinyl-carbinols n'étaient pas sensiblement modifiées (1).

Il nous a semblé de quelque intérêt d'étudier ce que provoquerait la présence d'un carboxyle libre et non plus estérifié et d'essayer, dans ce but, d'obtenir l'acide phényl-phényl-éthinyl-glycolique



(1) M. Loury, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1329.

Les diverses méthodes employées jusqu'ici pour la préparation des carbinols acétyléniques ne sont pas applicables dans ce cas ([1]). Nous avons préparé l'acide par saponification de son ester : le phényl-carbéthoxy-phényl-éthinyl-carbinol, en ayant soin d'éviter la scission de la molécule par les alcalis alcooliques. On émulsionne, à froid, une lessive alcaline dans une solution benzénique du carbinol. Après le traitement habituel, on recueille des aiguilles incolores qui, purifiées par cristallisations dans le même solvant, présentent un point de fusion instantanée de 129-130° avec décomposition.

Le rendement est à peu près intégral.

Ce corps est très soluble dans l'éther, l'acétone, le méthylal, le chloroforme, les alcools, les alcalis dilués; soluble dans le benzène et l'eau; peu soluble dans le sulfure de carbone et les ligroïnes. Ses solutions aqueuses précipitent par les sels d'argent, de plomb, de mercure.

L'alcalimétrie montre qu'il existe une fonction acide; le dosage des H mobiles par la méthode de Zerewitinoff ([2]) accuse deux atomes H par molécule. Le retour à l'ester initial, l'analyse élémentaire confirment la formule proposée.

Cet acide subit par les alcalis une scission qui montre qu'il possède bien la structure acétylénique. Ses sels alcalins sont relativement stables, mais chauffés avec la potasse alcoolique ou la chaux sodée, ils libèrent du phényl-acétylène qui a été caractérisé par sa combinaison mercurielle : $(C^6H^5-C\equiv C)^2Hg$. (P. F. 124.125°) ([3]).

Par contre, l'acide libre est très peu stable à chaud. Après fusion, la masse résineuse n'est pas amorçable par les cristaux du corps primitif. Chauffée avec la chaux sodée elle ne donne pas de phényl-acétylène mais de l'acétophénone qui a été caractérisée par sa semi-carbazone (P. F. 200-201°). Ces expériences de scission effectuées comparativement avec le diphényl-phényl-éthinyl-carbinol : $(C^6H^5)^2=C(OH)-C\equiv C-C^6H^5$ et avec la cétone isomérique : $(C^6H^5)^2C=CH-CO-C^6H^5$ ont donné du phénylacétylène dans le premier cas, de l'acétophénone dans le second.

Dès lors, il faut admettre, par analogie, que la simple fusion de l'acide a fait disparaître la triple liaison et l'a transformée en un groupement générateur d'acétophénone.

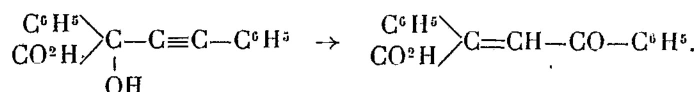
---

([1]) *Loc. cit.*

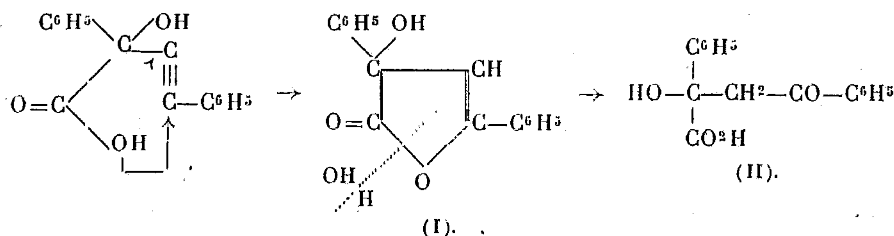
([2]) Technique de Ch. Dufraisse et H. Moureu, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 1614.

([3]) J. R. Johnson et Mc. Cowen, *Ann. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 469.

La première hypothèse qui vient à l'esprit est de supposer la migration de l'oxhydryle de 1 en 3, donnant la forme énolique d'une cétone. Cette migration est classique dans cette série des carbinols acétyléniques, comme l'ont montrée principalement les travaux de Ch. Dufraisse et ses collaborateurs, mais elle serait favorisée, ici, à un degré extrême par le voisinage du carboxyle



Toutefois, nous l'avons vu, la molécule ne subit pas cette transformation quand la fonction acide est estérifiée ou salifiée. Cette remarque appelle l'attention sur l'hydrogène du carboxyle qui semble jouer un rôle essentiel dans la façon inaccoutumée avec laquelle disparaît la triple liaison. Une seconde hypothèse, suggérée par là, serait de supposer une addition de la fonction acide sur la liaison acétylénique, avec formation d'une lactone à cycle pentagonal (I). L'action des alcalis s'expliquerait aussi bien que dans la première hypothèse : il y aurait d'abord ouverture du cycle avec libération d'une forme énolique de cétone, puis passage à la structure du phénacyle (II), susceptible d'être scindé avec production d'acétophénone



Le corps lactonique supposé n'a pas été isolé. En reprenant la résine de fusion par un solvant, on obtient, en petites quantités, un corps blanc, cristallisé, extrêmement peu soluble, mais il n'a pas les caractères attendus de la lactone hypothétique. Purifié par cristallisations dans le nitrobenzène, il a un point de fusion instantanée de 385°. Sa constitution est à l'étude. Quant au corps lactonique, il pourrait se trouver dans les résines incristallisables.

En résumé, un carboxyle placé en α dans la molécule des aryl-aryléthinylcarbinols diminue considérablement leur stabilité, effet qui semble avoir pour cause directe la présence de l'atome d'hydrogène acide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dédoublememt du trans-cycloheptanediol-1.2 en ses antipodes optiques.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Max Mousseron**, présentée par M. Delépine.

On sait depuis les travaux de Derx que le cyclohexanediol-1.2 obtenu par action de l'eau sur l'époxycyclohexane possède la configuration *trans;* ce corps, en effet, ne fournit pas de composé acétonique et peut se dédoubler en ses antipodes optiques, alors que le *cis*-cyclohexanediol-1.2 est indédoublable et ne se combine pas avec l'acétone (1).

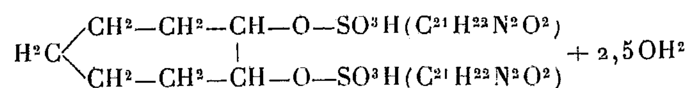
Il nous a paru intéressant de rechercher si le cycloheptanediol-1.2, obtenu pour la première fois par Böeseken et Derx (2) par action de l'acide chlorhydrique N/10 à l'ébullition sur l'époxycycloheptane, possédait également la structure *trans*, d'autant plus que les deux diols connus et prévus par la théorie fournissent tous deux une combinaison acétonique; son dédoublement permettrait d'affirmer nettement sa constitution spatiale.

Le cycloheptanediol-1.2 que nous avons utilisé est nettement fusible à 63° et distille à 133-134° sous $12^{mm}$. Le dédoublement de ce glycol a été réalisé selon une méthode rappelant celle utilisée avec succès par Derx dans la séparation du trans-cyclohexanediol. Cette technique comprend les opérations suivantes : 1° estérification du glycol $(d+l)$ par l'acide sulfurique concentré à —5°; 2° obtention du sel de baryum du diester sulfurique acide; 3° passage de ce dernier au sel de strychnine correspondant par action du sulfate de strychnine sur le composé barytique; 4° fractionnement du sel $(d+l)$ de strychnine par cristallisations répétées dans l'alcool éthylique à 90°; 5° obtention à nouveau des sels de baryum actifs et élimination du baryum; 6° hydrolyse des esters sulfuriques actifs à l'aide d'une solution de carbonate de potassium à l'ébullition.

Le fractionnement du sel de strychnine, par cristallisations successives dans l'alcool à 90°, conduit aux deux diastéréoisomères; l'un, constitué par de longues aiguilles prismatiques, peu solubles dans l'alcool, solubles dans l'eau, possède un pouvoir rotatoire $[\alpha]_{546} = -33°,40$; l'autre, formé par de fines aiguilles bien moins solubles dans l'alcool et assez peu solubles dans l'eau, a un pouvoir rotatoire $[\alpha]_{546} = -23°,50$. Ces deux sels de

(1) *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, **41**, 1922, p. 318.
(2) *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, **40**, 1921, p. 529.

strychnine répondent à la formule :



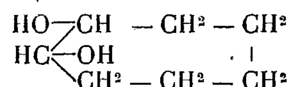
(Strychnine dosée sur le sel anhydre : °/₀ 77,25; calculée : °/₀ 77,85).

Le cycloheptanediol, obtenu à partir du sel de strychnine le moins soluble dans l'alcool, se présente sous la forme d'un liquide visqueux ($Eb_{15}$ = 138-139°) nettement actif vis-à-vis de la lumière polarisée :

$$[\alpha]_{589} = -37°,50; \quad [\alpha]_{546} = -44°,25;$$
$$[\alpha]_{436} = -75°,05 \quad (c = 8,92 \text{ pour } 100, \quad t = 15°);$$

son diphényluréthane est fusible à 275° (N pour 100 trouvé, 7,20; calculé, 7,60).

Ces faits prouvent d'une manière indiscutable que le cycloheptanediol, obtenu par action de l'acide chlorhydrique dilué sur l'époxycycloheptane, est un dérivé trans possédant la structure suivante :



Remarquons en outre que le pouvoir rotatoire de ce diol se rapproche de celui du trans-cyclohexanediol actif ($\alpha_D$ = 41°,26); par contre, nous avons trouvé [1] que le 2-amino-cyclohexanol actif possédait un pouvoir rotatoire ($\alpha_D$ = 40°,10) nettement plus élevé que celui du 2-amino-cycloheptanol ($\alpha_D$ = 14°,45).

LITHOLOGIE. — *Note sur quelques roches de la Colonie de Kénya.* Note de Mme **E. Jérémine**.

En traversant la Colonie de Kénya, de Nairobi à Kitale, M. Arambourg a recueilli des roches volcaniques dans la région comprise entre Timboroa et Eldoret, ainsi qu'aux lacs Naivasha, Nukuru et Narasha.

Les laves du lac Naivasha (aux gorges de Njarowa) sont celles déjà décrites par Prior, Gregory, Miss Neilson et Campbell Smith : des *comendites*, contenant de l'ægyrine et de la riebeckite, et des *paisanites* renfermant de la barkévicite, de l'arfvedsonite et parfois de l'ænygmatite.

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1680.

Mais, en outre dans une petite île volcanique du même lac M. Arambourg a trouvé, dans des tufs, des blocs d'une lave remarquable par sa fraicheur. Elle est extrêmement riche en grands cristaux d'olivine, entourés d'un mince liséré de verre, qui englobe de très longs microlites de plagioclase, associés ophitiquement avec l'augite. Cette roche est à rapporter au type fréquent dans les îles Océaniques, auquel M. A. Lacroix a donné le nom d'*océanite* (analyse 1).

Du lac Narasha, près de Timboroa, provient une phonolite sphérolitique, exactement semblable à celle décrite par Miss Neilson de Kijabe (ces deux localités sont distantes l'une de l'autre de $160^{km}$). Elle est rubanée; les bandes plus foncées renferment des sphérolites feldspathiques avec un groupement au centre d'ægyrine et d'ænygmatique, en association pœcilitique. Les extrêmités libres des sphérolites sont enveloppées dans du verre incolore et de l'analcime englobant des cristaux nets de néphéline (analyse 2).

Enfin, entre Timboroa et Eldoret se rencontrent des phonolites d'un type particulier, caractérisé par la présence de très grands (jusqu'á $1^{cm}$) cristaux de népoéline et de sphène. Elles sont comparables à celles signalées par Prior à Seget River et aux Segowet Hills (région de Kivorando) et par Miss Neilson dans le district d'Olgasalik (entre Magadi et Longonot). D'après ces auteurs leur minéral coloré est l'augite ægyrinique bordée d'ægyrine. dans les échantillons très frais, les microlites d'henbergite ægyrinique sont toujours associés à de petites plages pœcilitiques d'ænygmatite; la néphéline, en petits cristaux réguliers, se rencontre aussi dans la pâte (analyse 3).

Une autre phonolite (18 milles sud d'Eldoret), également à grands cristaux de néphéline, est dépourvue d'hedenbergite ægyrinique, sa pâte renferme l'ægyrine, la kataforite, l'ænygmatite et une amphibole sodique vert clair. Ce type est celui distingué par Prior comme *Losuguta type* dans la région de Kénya (analyse 4).

Voici les analyses (faites par Raoult), avec les paramètres magmatiques que l'on peut en déduire :

1. Océanite (Lac Naivasha) .......... IV(V).1(2).4.1.2(5.4.3)
2. Phonolite sphérolitique (Lac Narasha) .......... 'II.(5)6.1'.'4
3. Phonolite porphyrique (28 milles sud d'Eldoret).... II.6.1.4
4. Phonolite porphyrique (18 milles sud d'Eldoret)..... I(II).(5)6.1(2).'4

| | 1. | 2. | 3. | 4. |
|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 40,70 | 53,44 | 53,48 | 54,28 |
| $Al^2O^3$ | 3,90 | 17,20 | 17,15 | 18,65 |
| $Fe^2O^3$ | 4,97 | 2,71 | 3,39 | 1,94 |
| FeO | 14,63 | 4,41 | 3,80 | 3,75 |
| MnO | 0,17 | 0,23 | 0,16 | 0,19 |
| MgO | 30,78 | 0,97 | 0,94 | 0,51 |
| CaO | 3,14 | 2,68 | 4,68 | 2,36 |
| $Na^2O$ | 0,36 | 6,66 | 8,26 | 7,04 |
| $K^2O$ | 0,51 | 4,97 | 4,19 | 4,86 |
| $TiO^2$ | 1,14 | 0,68 | 1,40 | 1,34 |
| $P^2O^5$ | tr. | tr. | 0,32 | 0,05 |
| $H^2O+$ | 0,10 | 3,03 | 1,68 | 2,65 |
| $H^2O-$ | 0,10 | 2,57 | 0,48 | 2,01 |
| Cl | - | 0,27 | - | 0,13 |
| $SO^3$ | - | 0,10 | - | 0,05 |
| $CO^2$ | - | 0,13 | - | 0,22 |
| | 100,50 | 100,05 | 99,93 | 100,03 |

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le mode de formation des grains d'aleurone dans les Graminées et sur la production dans ceux-ci de composés oxyflavoniques et anthocyaniques.* Note de M. **J. Chaze**, présentée par M. Molliard.

Nous avons démontré (¹) la présence déjà entrevue par Spiess d'un pigment anthocyanique dans l'assise protéique des grains de certains Maïs et nous avons suivi les diverses phases de l'évolution de ces grains au cours de la germination; enfin nous avons fait connaître pour la première fois l'existence de composés oxyflavoniques dans les grains d'aleurone de l'assise protéique de l'Orge, de l'Avoine, du Seigle, du Blé et des Maïs à grains jaunes. Nous nous proposons dans la présente Note de suivre le processus de la formation des grains d'aleurone dans la couche protéique et l'apparition dans ces grains de composés oxyflavoniques et des pigments anthocyaniques.

Dans les différentes espèces et variétés des genres *Avena*, *Hordeum*, *Secale*, *Triticum*, le processus de la formation des grains d'aleurone ne présente pas de différences marquées. La couche protéique semble ne se différencier qu'assez tardivement, alors que l'embryon est formé et que l'albumen est encore fluide et d'aspect laiteux, à un moment où le grain n'a encore atteint que la moitié environ de son volume définitif. Une coloration

(¹) J. Chaze, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 952.

vitale au rouge neutre permet de constater dans les cellules de l'assise protéique, l'existence de petites vacuoles ponctiformes entourant le noyau volumineux. Les vacuoles ne présentent aucune des réactions des composés oxyflavoniques alors que celles des cellules des enveloppes du péricarpe accusent des réactions nettement positives de ces composés; ces cellules meurent rapidement et les composés oxyflavoniques qu'elles renferment sont alors adsorbés par les parois cellulaires où ils persistent. A un stade ultérieur, le fruit présente plus de consistance, montre dans les cellules de l'assise protéique des vacuoles plus nombreuses et plus grandes qui malgré leur proximité ne fusionnent jamais. Les réactifs des composés oxyflavoniques donnent dans ces vacuoles des résultats incertains qui ne permettent pas d'affirmer la présence de ces composés, dont l'existence devient au contraire évidente lorsque le grain a atteint une consistance plus ferme. A ce moment le contenu des vacuoles de l'assise protéique commence à se concentrer et le rouge neutre provoque dans celles-ci la production de précipités volumineux; dans ces vacuoles, on distingue déjà un ou plusieurs globoïdes qui ne prennent pas le rouge neutre et qui augmentent rapidement de volume en se plaçant généralement sur un bord de la vacuole. La déshydratation se poursuit sans que les vacuoles prennent jamais de formes filamenteuses. A un stade plus avancé, les vacuoles apparaissent occupées par un énorme globoïde qu'entoure sur un côté ou de toute part une mince pellicule protéique seule colorée par le rouge neutre et qui présente ensuite l'aspect d'un pointillé; les réactions des composés oxyflavoniques sont très nettes tant que les vacuoles sont encore semi-fluides, mais cessent de se manifester après la solidification de la vacuole.

Dans les variétés de *Zea mays* à grains noirs, la formation des grains d'aleurone présente les mêmes phases : toutefois il semble que les composés oxyflavoniques précédant les pigments anthocyaniques apparaissent à un stade plus précoce de l'évolution des vacuoles. La présence des composés oxyflavoniques est très fugace et bientôt fait place à l'anthocyane qui donne aux vacuoles une teinte rouge. A ce stade, l'observation vitale permet de constater, parfois dans une même cellule, des vacuoles d'aspects variés, les unes uniformément teintées en rose, d'autres à pigment de couleur plus accentuée et qui renferment des précipités protéiques colorés en rouge, traduisant ainsi le début de l'adsorption du pigment par la protéine; d'autres enfin plus évoluées, contenant déjà le globoïde incolore dans le suc vacuolaire rouge où se trouvent souvent des précipités protéiques de couleur plus accentuée. A un stade ultérieur, la coloration

augmente au point que le globoïde devient invisible, puis le pigment vire au violet noirâtre ([1]).

Il y a lieu de noter que la formation des composés oxyflavoniques dans les cellules de l'embryon s'effectue beaucoup plus tardivement que dans l'assise protéique, et que les vacuoles qui les renferment se déshydratent et se transforment en grain d'aleurone sans qu'il y ait eu production d'anthocyane, sauf dans quelques rares cellules du scutellum; nos recherches antérieures ont montré que l'apparition de l'anthocyane dans ces cellules ne se fait qu'à la germination.

Nos recherches confirment les résultats obtenus en 1908 par Guilliermond (au moyen de la méthode des coupes fixées et colorées) sur la formation de l'aleurone dans les Graminées. Elles font connaître toutes les phases de l'évolution des vacuoles et de leur transformation en grain d'aleurone que cet auteur n'avait étudiées que très succinctement. Elles montrent enfin, et c'est le point essentiel, que ces vacuoles forment d'abord des composés oxyflavoniques qui sont susceptibles, dans certaines Graminées, de se transformer en pigments anthocyaniques au moment de la maturation de la graine.

MYCOLOGIE. — *Le cycle conidien haploïde et diploïde chez les Basidiomycètes.* Note de M. **René Vandendries**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'existence d'un cycle haploïde et diploïde a été établi par nous chez *Pholiota aurivella* Batsch ([2]). En étendant nos recherches sur divers groupes de Basidiomycètes, nous avons découvert trois autres Champignons qui présentent, greffés respectivement sur la phase haploïde et la phase diploïde de leur cycle vital, des *formations conidiennes* comparables à celles décrites précédemment. Il s'agit des espèces suivantes :

*Polyporus squamosus* Huds., *Trametes cinnabarina* (Jacq.) Fr., *Pleurotus pinsitus* Fr. Les mycéliums haploïdes de ces trois espèces, obtenus en faisant germer les spores isolées, donnent des hyphes qui peuvent se

([1]) Nous avons pu nous procurer récemment une variété de Seigle (Seigle Pecktus) dont certaines cellules de l'assise protéique renferment un pigment anthocyanique noirâtre localisé dans les grains d'aleurone et qui à la germination se comporte comme celui des variétés de Maïs à grain noir.

([2]) P. Martens et R. Vandendries, *La Cellule*, 41, 1933, p. 337.

segmenter en articles uninucléés cylindriques que nous désignons, comme il a été convenu à propos de *Ph. aurivella*, sous le nom d'*oïdies*. Que ces éléments proviennent d'une simple fragmentation de rameaux végétatifs ou qu'ils soient fournis par un *appareil oïdiophore* spécial, ils sont toujours destinés à germer et à produire un thalle haploïde à éléments cellulaires *uninucléés* de même nature que ceux issus de la spore.

Sur les hyphes à anses d'anastomose de nos végétations mycéliennes diploïdes, ont été libérés, par fragmentation des hyphes ou par l'intervention de *conidiophores* spéciaux, mais dans les deux cas, sous le régime des *cinèses conjuguées* avec anses d'anastomose, des éléments cellulaires *binucléés* que nous avons pu faire germer pour obtenir des thalles à boucles identiques à ceux qui proviennent de la conjugaison d'haplontes. Un retour à l'haploïdie par segmentation ultérieure des conidies binucléées, phénomène observé chez *Pholiota aurivella* ne s'est pas manifesté chez les trois nouvelles espèces.

Comment interpréter, au point de vue biologique, l'apparition de ces spores accessoires ?

L'*oïdie haploïde* a la valeur d'une spore et le mycélium qu'elle produit peut se conjuguer avec un haplonte de sexe contraire pour donner une végétation diploïde fertile.

Ce même mycélium peut, d'autre part, donner à son tour, comme nous l'avons observé dans nos cultures, des multitudes d'oïdies aidant à la propagation de l'espèce. Il est certain que les végétations naturelles fournissent ce que nous obtenons dans nos récipients; par le moyen des oïdies la phase hoploïde voit son domaine s'étendre dans des proportions considérables.

D'autre part, chaque conidie, chaque oïdie *diploïde*, issues d'un thalle fertile, peut faire souche d'une végétation capable de produire des carpophores et de libérer aussi des conidies diploïdes de deuxième génération, autant de moyens dont dispose le Champignon pour assurer sa pérennité.

MYCOLOGIE. — *Utilisation du bleu de crésyl en Mycologie systématique.* Note (¹) de M. **R. Kühner**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

En étudiant le genre *Marasmius* (²), nous avons découvert que la solution aqueuse de bleu de crésyl constitue un réactif précieux pour le systéma-

(¹) Séance du 12 février 1934.

(²) *Le Botaniste*, 25, 1933, p. 74.

ticien; nous consignons ci-dessous les résultats essentiels de recherches étendues depuis à de très nombreuses Agaricales et Boletales de notre herbier.

Des fragments de divers *Hygrocybe* (surtout d'espèces à stipe visqueux) montrent, après séjour dans le colorant, de très nombreux précipités d'un rouge vif, qu'on n'observe pas en général avec les autres champignons.

Certaines parois cellulaires, même épaisses (revêtement piléique de *Schizophyllum*, d'*Inocybe petiginosa*) ne se colorent pas sensiblement par le bleu de crésyl; chez certains *Agrocybe*, *Conocybe*, *Inocybe* où la paroi sporique ne se colore nettement (en bleu) que dans la jeunesse, la réaction négative permet de distinguer les spores mûres.

Ailleurs la membrane se colore, rarement en bleu (cystides des *Inocybe;* spores verruqueuses de nombreux *Ochrosporés*), mais en général métachromatiquement, notamment dans la plupart des cystides, soit en violacé (Chair des *Craterellus* et *Panus*) soit en rouge ± purpuracé (Chair des *Mycena*), la teinte prise pouvant être pâle (beaucoup de spores blanches) ou foncée et tranchant alors vivement sur les contenus cellulaires colorés en bleu.

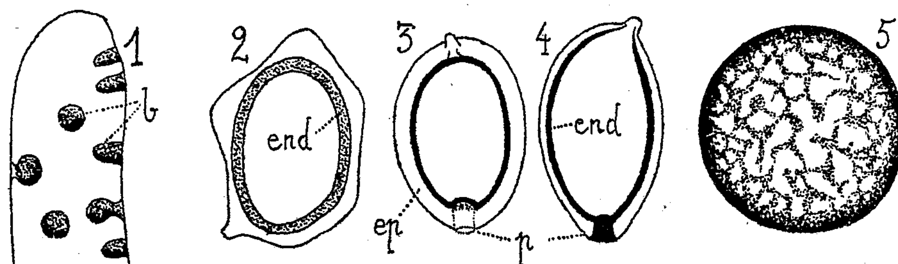
Cette métachromasie des parois semble indiquer dans certains cas la présence de composés pectiques, comme nous l'avons montré pour *Mycena tenerrima* (1), mais nous nous garderons bien de généraliser cette conclusion.

Certains éléments, notamment ceux des revêtements, se conduisent souvent de façon spéciale; en général les cloisons transversales des hyphes réagissent à peu près comme les parois longitudinales; pourtant chez *Marasmius fuscopurpureus* au sens de R. Maire, les premières sont plus fortement métachromatiques. La réaction peut varier d'un bout à l'autre d'un même article de l'hymenium : chez les *Inocybe* les cystides sont quelquefois métachromatiques au sommet et dans leurs basides, comme dans celles de plusieurs *Nolanea*, seuls les stérigmates se colorent en rouge vif.

La région interne de la paroi est souvent plus colorable; elle présente chez *Entoloma sericeum* (*fig.* 1) et divers *Nolanea*, des boutons (*b*) épaissis, très chromophiles et métachromatiques, saillants dans la cavité de l'article; chez *Lepiota procera* (*fig.* 3) et *Brebissoni* (*fig.* 4), l'épispore (ep.) reste incolore mais l'endospore (end.) se colore en rouge ou pourpre et pousse, dans la deuxième espèce, un prolongement qui obture la perforation épi-

(1) *Bulletin de la Société mycologique de France*, 43, 1927, p. 107.

sporique du pore (p.); une endospore métachromatique s'observe rarement chez les Goniosporés (*fig.* 2; end.); parfois très marquée, elle peut rester invisible dans d'autres récoltes de la même espèce (*Leptonia serrulata*); l'inconstance de la réaction colorée est à noter également pour certaines




Amanites (*A. aspera*, *porphyria*, *vaginata*) qui montrent à côté de spores faiblement colorées, lisses ou à peine grènelées, d'autres spores, et même de rares basides, présentant un réseau colorable en purpurin foncé (*fig.* 5).

Malgré ces variations qui peuvent être dues à des circonstances ayant troublé la maturation de certaines spores, nous pensons que la réaction des autres hyphes est beaucoup plus constante dans une même espèce; n'ayant pas eu l'occasion d'étudier de nombreuses récoltes de la même espèce nous basons l'opinion qne nous venons d'émettre sur la constatation que toutes les espèces d'un même groupe naturel se comportent souvent de la même manière; c'est ainsi que la trame des lames, métachromatique chez la plupart des *Agrocybe*, *Limacium* et chez tous les *Mycena*, *Lepiota*, *Hebeloma* étudiés, ne se colore pas en rouge chez les *Cortinarius*, *Inocybe*, *Nematoloma* et chez de nombreux *Crepidotus* et *Tricholoma;* les basides, nettement métachromatiques chez beaucoup d'agarics (*Tricholoma*, *Cortinarius*, etc.) ne rougissent pas chez les *Boletales* où la trame des tubes ou des lames n'est d'ailleurs jamais métachromatique, bien que les cystides le soient parfois (*B. viscidus*).

Dans d'autres genres ± homogènes, la réaction permet encore de reconnaître les groupes d'espèces affines; la trame ne rougit fortement que chez les Amanites à spores amyloïdes (à l'exception des *A. phalloïdes*, *porphyria* et espèces voisines); seuls les *Stropharia* à stipe visqueux ont une chair piléique non métachromatique; quelquefois la réaction n'a guère qu'une valeur spécifique, ainsi le *Russula emetica* et sa var: *fragilis* se distinguent de toutes les Russules par leur chair et leur trame nettement rougissantes.

Nous ne nous étonnons pas de trouver côte à côte, dans des genres arti-

ficiels comme les *Collybia* ou les *Flammula*, des espèces à trame rougissante et d'autres non métachromatiques et nous pensons que c'est plus particulièrement dans l'étude de tels groupements hétérogènes que le bleu de crésyl est appelé à rendre d'importants services au mycologue qui cherche à débrouiller le lacis complexe des affinités spécifiques.

ZOOTECHNIE. — *L'alimentation opothérapique chez les vaches laitières.* Note de MM. **G. Guittonneau** et **A. Leroy**, présentée par M. Charles Richet.

M. G. Monnot ([1]) a fait connaître que le lait de vache peut s'enrichir en matière grasse lorsqu'on soumet les animaux producteurs à un traitement séro-opothérapique approprié.

Le traitement en question, mis au point par M. G. Monnot, apparaît ainsi comme ayant la valeur d'une méthode zootechnique nouvelle, très séduisante dans son principe, et qu'il y avait évidemment intérêt à contrôler par l'expérience aussitôt qu'elle fut connue.

Dès 1932, nous l'avons étudié, en opérant sur un troupeau de 35 vaches hollandaises très bien nourries, et soumises depuis 1930 au double contrôle laitier-beurrier et de l'alimentation.

Dans ce troupeau, on rechercha des couples de vaches comparables l'une à l'autre par leur âge, leur poids et leur état de lactation. On put ainsi constituer deux lots semblables (A et B) de huit animaux chacun. Les deux lots furent soumis au même régime alimentaire et aux mêmes contrôles du 25 octobre au 30 décembre 1932. Le lot A fut gardé comme témoin. Conformément aux instructions de M. G. Monnot, les vaches du lot B reçurent quotidiennement une dose du produit « bovidex » durant deux périodes : *a.* du 28 octobre au 5 novembre; *b.* du 28 novembre au 4 décembre.

Entre les taux butyreux individuels ou moyens, enregistrés quotidiennement pour les laits des animaux du lot B et les taux butyreux correspondants relevés sur les laits des témoins du lot A, nous n'avons jamais vu apparaître de différence nettement supérieure à celle qu'on observe couramment avec des animaux non traités et convenablement alimentés.

Dans les conditions de nos essais, l'application du traitement séro-opo-

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 119.

thérapique de M. G. Monnot est donc resté sans efficacité sur la production butyreuse des vaches laitières.

Pour expliquer le désaccord ainsi apparu entre nos observations et celles de M. G. Monnot, une expérimentation nouvelle s'impose. Elle devrait viser, notamment, croyons-nous, à préciser les facteurs qui peuvent conditionner l'efficacité de la méthode mise en cause.

GÉNÉTIQUE. — *Sur une nouvelle lignée hybride durelloïde issue du croisement de deux* Triticum vulgare. Note de M^lle **A. Dusseau**, présentée par M. Blaringhem.

Du croisement de deux *Triticum vulgare :* Blé de Padoue (*Tr. vulgare erythrospermum* K.) × Inalettabile 38 (*Tr. vulgare lutescens* K.) réalisé en 1926, dont est issu *Tr. haplodurum* qui a fait l'objet de deux Notes antérieures [1], dérive également une autre souche durelloïde nommée, dès la ($F_2$), $V^{26}$ — 1 — 2 qui depuis a fourni parmi ses nombreuses disjonctions une forme stable dont nous venons de terminer l'étude.

Cette nouvelle lignée, que seule nous conservons sous la dénomination $V^{26}$ — 1 — 2, montre un épi à aspect général de *durum*, aplati, dense, barbu, blanc, à peine pruineux au sommet des glumes qui sont seulement à peine carénées.

Le grain est petit, roux, glacé, pas très allongé, de longueur moyenne inférieure à $7^{mm}$ alors que chez les *durum* typiques elle est supérieure à ce chiffre; de même le rapport $l/e$ de la largeur à l'épaisseur du grain, inférieur à 1 chez les Blés durs lui est ici un peu supérieur; le grain, malgré sa texture vitrée, est donc, du point de vue biométrique, un grain de Blé tendre.

La paille est très rigide mais seulement demi-pleine; les plantes ont un port érigé caractéristique et voisin de celui de *T. haplodurum.*

Ce blé est totalement résistant à la rouille jaune (*Puccinia glumarum*), un peu sensible à la rouille noire (*P. graminis*), à la carie (*Tilletia sp.*) et au charbon (*Ustilago tritici*). Régulièrement attaqué par diverses formes de *Pleospora*, il a montré en outre en 1932 des Ergots de *Claviceps purpurea* et en 1933 du Black-chaff.

L'étude caryologique a montré que cette forme durelloïde, tout comme

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1380, et **197**, 1933, p. 346.

les formes durelloïdes de E. Miége, issues également du croisement de deux *Triticum vulgare* (¹) répond à la formule $2n = 28$ chromosomes du groupe *durum* dont elle s'éloigne ainsi beaucoup moins que notre *T. haplodurum* à phénotype *durum* et à génotype *monococcum* de formule caryologique $2n = 14$.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Sur les colorations vitales diffuses de quelques flagellés et les affinités chimiques du cytoplasme et de ses divers constituants.* Note de M. **Pierre Gavaudan**, transmise par M. P.-A. Dangeard.

On sait, depuis les recherches de P.-A. Dangeard, que l'accumulation des colorants vitaux basiques dans la cellule vivante correspond principalement à l'existence d'un vacuome de nature colloïdale. A. Lumière (²) s'appuyant sur le fait que le protoplasme vivant ne se colore pas a émis une hypothèse d'après laquelle la micelle protéique serait douée d'immunité. H. Devaux (³) a repris une théorie analogue : ce savant admet l'absence réelle de toute affinité libre dans le cytoplasme, les matières colorantes le traversent sans s'y fixer; l'affinité du cytoplasme pour ces substances serait nulle, celle du vacuome puissante. Cette théorie générale doit être confrontée avec certains faits contradictoires. On passe en général sous silence les colorations diffuses cytoplasmiques beaucoup plus fréquentes et intenses qu'on ne croit. Il est en effet avéré, comme le prouvent de nombreux travaux dont la théorie n'a pas tenu compte, que le cytoplasme lui-même peut être coloré vitalement par les divers colorants basiques du vacuome; nous en apporterons dans cette Note quelques preuves nouvelles tirées d'observations personnelles. L'absence de coloration, c'est-à-dire le manque apparent d'affinité de certains éléments cellulaires pour les matières colorantes dépend essentiellement de leur pouvoir réducteur et du jeu de multiples équilibres d'oxydation réduction qui déterminent les concentrations en colorant. On en trouvera un exemple dans les travaux récents de Roskin et Semenoff (⁴) qui ont obtenu et étudié systématiquement

(¹) E. Miége et M. Simonet, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1751.

(²) A. Lumière, *Bull. d'Hist. appl. à la Physiol.*, 11, 1925, p. 69.

(³) H. Devaux, *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 77, 1930, p. 144-159.

(⁴) G. Roskin et W. Semenoff, *Zeitschr. für Zellf. u. Mikrosk.*, etc., 19, II, 1933, p. 150-190.

la coloration vitale de tous les éléments cellulaires chez les infusoires par les colorants vitaux basiques et leurs leuco-dérivés.

Nos observations ([1]) sur les fréquentes colorations diffuses du cytoplasme et des noyaux survenant chez l'*Ascoïdea rubescens* après les décolorations répétées du vacuome par réduction spontanée, nous ont incité à étudier divers flagellés à ce point de vue. Chez *Polytoma uvella*, *Chilomonas paramaecium*, *Euglena quartana*, dans divers *Monas* et *Ochromonas*, chez *Bodo caudatus*, *Bodo edax*, *Bodo saltans*, la plupart des éléments du cytoplasme y compris la masse de ce dernier sont susceptibles de se colorer vitalement avec intensité, et sans préjudice pour la cellule si le milieu est suffisamment réducteur.

Les *Polytoma* provenaient de plusieurs cultures impures, ils présentaient un leucoplaste bien développé, visible sur le vivant, l'amidon et le vacuome étaient réunis à la partie postérieure du corps. La localisation de la coloration vitale variait avec la densité de la culture et la flore microbienne modifiant la composition du milieu. De façon générale, au voisinage des bulles d'air, dans les préparations entre lame et lamelle, ou partout dans les préparations en chambre humide, nous avons rencontré de nombreux individus très mobiles dont le nucléole et le cytoplasme étaient colorés en bleu très foncé par le bleu de crésyl. Lorsque le vacuome était coloré sa couleur était d'un rose violacé mais il y avait très souvent antagonisme avec la teinture du cytoplasme et du noyau seuls colorés dans certains cas. La décoloration survenait rapidement en quelques minutes entre lame et lamelle, au bout d'une à plusieurs heures en goutte pendante. Le leucoplaste ne se colorait jamais vitalement par le bleu de crésyl, contrairement à la vacuole contractile qui s'arrêtait en diastole comme chez *Monas* et *Bodo* et prenait une coloration rouge vineux.

Il s'agit bien d'une coloration vitale, les vacuoles colorées en diastole se décolorent spontanément par réduction et non par vidage de leur contenu. Après la décoloration, qui survient en quelques minutes, les vacuoles contractiles demeurent en arrêt un certain temps avant de reprendre leur rythme normal de contraction. La coloration vitale des vacuoles contractiles des Euglènes est également métachromatique.

Le caryosome de tous les flagellés cités se colore intensément par le bleu de crésyl ainsi que le parabasal des *Bodo*. Ce colorant provoque chez *Bodo caudatus* l'apparition de granules intraflagellaires d'un bleu foncé

---

([1]) P. Gavaudan, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 563.

analogues à ceux que Volkonsky (¹) a décrit sous le nom de boules sarcodiques et assimilés aux perles des infusoires. Ces formations colorées peuvent disparaître par réduction, aussi il serait intéressant de savoir s'il s'agit vraiment d'une précipitation partielle réversible de la substance des flagellés.

Il résulte de tous ces faits que le cytoplasme peut se colorer vitalement. Aussi peut-on se demander si la coloration est synonyme d'une modification du degré de dispersion du système colloïdal comme le voudrait la théorie de A. Lumière et H. Devaux, ou si le cytoplasme possède vraiment des affinités chimiques libres.

HISTOLOGIE. — *La vitamine* C *dans l'ovaire et le corps jaune.* Note de MM. **A. Giroud**, **C.-P. Leblond** et **M. Giroux**, présentée par M. Achard.

On sait que les recherches de Szent-Györgyi ont amené la découverte de la nature chimique de la vitamine C. Il s'agit d'un corps de la famille des sucres (nommé acide ascorbique) qui se caractérise surtout par un très grand pouvoir réducteur.

Deux d'entre nous (²) ont utilisé ses propriétés réductrices sur le nitrate d'argent pour étudier sa répartition dans l'organisme. La méthode qu'ils ont mise au point leur a permis de constater, à l'échelle histologique et même cytologique, la présence de l'acide ascorbique.

Ils ont ainsi étudié sa localisation principale dans le cortex surrénal. Les cellules cortico-surrénaliennes contiennent de l'acide ascorbique en grande quantité au niveau du protoplasme; le noyau en est dépourvu. Toutes les parties de la cortico-surrénale ne se comportent pas de la même façon. La glomérulée dont l'inactivité en général semble un fait presque acquis par les recherches des histologistes et des histopathologistes n'en fixe pas avec électivité. La fasciculée et la réticulée en fixent au contraire avec abondance.

Les glandes génitales se placent de ce point de vue, au voisinage de la cortico-surrénale. Les glandes génitales mâles fixent intensément la vitamine C d'abord au niveau, semble-t-il, du syncytium sertolien, mais

(¹) M. Volkonsky, *Thèse*, Paris, 1933, p. 255.

(²) A. Giroud et C.-P. Leblond, *C. R. Soc. Biol.*, 17 et 24 février 1934.

surtout au niveau du tissu interstitiel. Les cellules de Leydig que tant de faits rapprochent des cellules cortico-surrénaliennes se comportent de nouveau comme elles.

Nous avons étudié l'ovaire d'un certain nombre d'animaux normaux et en avitaminose. En avitaminose complète il n'y a plus de vitamine et par suite de réduction argentique en aucun point de l'ovaire.

A l'état normal, par contre, on constate les faits suivants : Les follicules jeunes, les ovocytes, et les cellules folliculeuses ne paraissent pas contenir particulièrement de vitamine C. Les follicules développés se comportent de la même façon. Les cellules de la granulosa, le liquide folliculaire ne réduisent, pour ainsi dire, pas le nitrate d'argent.

Il n'en est plus de même pour le tissu interstitiel chez les Rongeurs qui en possèdent. Les éléments interstitiels réduisent le nitrate d'argent avec assez d'énergie et leur protoplasma peut être rempli de granulations noires d'argent métallique.

Le corps jaune fixe aussi en assez grande abondance la vitamine C (corps jaune périodique et corps jaune de grossesse).

Les cellules lutéiniques peuvent être remplies de granulations argentiques et rappeler ainsi les cellules cortico-surrénaliennes et les cellules interstitielles du testicule. Cependant elles peuvent donner des réactions plus légères. Il semble que la fixation de la vitamine subisse un cycle comme la cellule lutéinique elle-même.

Les glandes génitales et spécialement certains de leurs éléments constituent donc d'importants centres d'accumulations de la vitamine C. Elles se comportent ainsi comme la cortico-surrénale avec laquelle elles semblent, d'ailleurs, avoir plus d'un point de contact.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Mécanisme de la mort des oiseaux dont le plumage est imprégné de carbures d'hydrogène.* Note de M. **P. Portier** et M[lle] **A. Raffy**, présentée par M. Charles Richet.

On sait que, depuis une quinzaine d'années, les huiles lourdes ont été substituées au charbon sur un grand nombre de bateaux à moteur.

Par suite des pertes inévitables de carburant, et surtout du nettoyage des réservoirs, il se produit une pollution de la surface de la mer dans les parages où la navigation atteint une grande intensité.

Or cette pellicule d'hydrocarbure étendue sur la surface a une influence néfaste sur beaucoup d'êtres marins.

Les oiseaux de mer, et surtout les oiseaux plongeurs, souffrent beaucoup de cette présence d'hydrocarbures qui imprègnent leur plumage; et c'est par milliers que les cadavres de ces oiseaux sont rejetés chaque année sur les rivages de l'Angleterre, de la Belgique et de la France.

Il ne semble pas qu'on ait déterminé le mécanisme de la mort de ces oiseaux; c'est le problème que nous avons tenté de résoudre.

Nos expériences ont porté sur les pigeons et les canards.

Nous enduisons le plumage des oiseaux, soit avec de l'huile d'olive, soit avec de la vaseline, soit avec du mazout; les résultats obtenus ne semblent pas différer; ce qui confirme l'absence de toxicité généralement admise des hydrocarbures.

*Expériences sur le pigeon.* — Le pigeon ainsi modifié résiste parfaitement et se conserve en bon état s'il est placé à une température suffisamment élevée. C'est ainsi qu'un pigeon conservé pendant 58 jours à une température de 20 à 25° a gardé son poids, sa température normale et son appétit; il présentait seulement une hyperémie assez marquée de la peau.

Un autre pigeon est placé dans une pièce où la température varie de + 15° à + 5°. Il supporte assez bien cette température pendant quelques jours. Mais à partir du 1er février, on le soumet en plein air à un froid qui varie de + 3° à — 2°; il meurt le 3 février; il avait perdu du poids, et sa température était tombée au-dessous de la normale.

Un pigeon au plumage enduit d'hydrocarbure succombe même à la longue à une température de + 15°.

*Expériences sur le canard.* — Un canard dont le plumage a été imprégné d'hydrocarbure est gardé en bonne santé pendant 14 jours dans une pièce, dont la température oscille aux environs de 13°. Mais on remarque que ce palmipède évite de se baigner dans l'eau qui est laissée à sa disposition.

On l'immerge dans un bassin qui contient de l'eau à + 10°. On le retire au bout d'une demi-heure. Il semble très malade, presque mourant et sa température s'est abaissée de 42°,1 à 20°.

Laissé hors de l'eau à la température de 13°, il se remet assez rapidement et sa température remonte au niveau normal.

Deux jours après, on plonge de nouveau ce même canard dans l'eau à + 10°. On le retire au bout de 10 minutes en proie à un tremblement marqué, sa température est tombée à 33°,5.

Quelques jours après, on le plonge de nouveau dans l'eau à + 10°. Il ne reste que 5 minutes et cependant sa température s'est abaissée à 38°.

Enfin, quelques jours après, nous avons constaté qu'un séjour de 10 minutes dans une eau à + 30° provoque encore une chute de température de 42° à 38°,6.

Un autre canard dont le plumage est resté normal est placé dans l'eau à 5°. Il nage,

plonge et l'on constate qu'au bout d'une demi-heure, il a conservé sa température normale.

Une autre expérience montre que ce canard normal résiste parfaitement à une immersion dans l'eau à $+1^{\circ}$.

*Conclusion.* — A l'état normal, le plumage des oiseaux constitue un écran très efficace contre les pertes de chaleur; il leur permet de résister à un froid rigoureux dans l'air ou, pour les palmipèdes, à une immersion prolongée dans une eau à une température voisine de 0°.

Mais, lorsque le plumage est enduit de corps gras ou d'hydrocarbure, ses qualités protectrices se trouvent gravement altérées et l'oiseau, qui a perdu sa couverture isolante, baisse de température et succombe.

Le phénomène se produit d'une manière particulièrement rapide lorsque l'oiseau est en contact avec l'eau, qui possède une capacité calorifique élevée.

Ainsi s'explique la mort des oiseaux marins sur les mers où le mazout pollue la surface de l'eau.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la fécondité normale et les caractères des hybrides issus du croisement de deux espèces de Gryllides* (Achæta campestris *L. et* A. bimaculata *de Geer*). Note de M^lle **G. Cousin**, présentée par M. M. Caullery.

Au cours de l'année dernière [1], j'ai pu obtenir l'hybridation de deux espèces de Gryllides : *Achæta campestris* L. et *A. bimaculata* De Geer. La discrimination des deux espèces est basée sur des différences morphologiques fort apparentes.

Les téguments d'*A. campestris* sont très sombres. Tout le corps de l'Insecte est noir à l'exception des élytres. Ceux-ci, chez le mâle, sont noirs ou brun foncé, maculés d'une tache jaune ou orange à leur base. Chez la femelle, ils sont noirs ou gris fumée, à nervation noire et également marqués d'une tache roussâtre à leur base. Les individus des deux sexes, mais particulièrement les mâles, ont une grosse tête globuleuse, plus large que le pronotum; un pronotum massif plus large en avant qu'en arrière. Cette première espèce a des ailes courtes qui ne dépassent pas la pointe des élytres. Larves et adultes ont le corps recouvert d'une pubescence dorée, fine et serrée.

Les téguments d'*A. bimaculata* présentent une pigmentation variable. Seuls, l'abdomen et la tête restent noirs. Certains individus ont des élytres d'un noir intense

(1) G. Cousin, *Bull. Soc. entom. Fr.*, 12, 1933, 189-192, 1 pl.

tachés de jaune à leur base. D'autres ont des élytres extrêmement clair, d'un jaune roux ou beige. Cette dépigmentation est toujours plus intense chez les mâles que chez les femelles. Pour ces dernières, les élytres ont une teinte de fond très claire, mais des nervures plus ou moins sombres. Certains individus mâles, particulièrement clairs, ont le pronotum et la partie postérieure de la tête d'un brun roux ou même rouge et les pattes entièrement jaunes. Chez la femelle, le pronotum et la tête s'éclaircissent rarement. Seules les pattes sont souvent rousses. Chez les individus des deux sexes, la tête est relativement petite, elle n'est pas plus large que le pronotum. Celui-ci, contrairement à ce qui existe chez *A. campestris,* est généralement plus étroit à sa partie antérieure qu'à sa partie postérieure. *A. bimaculata* a des ailes longues, caudées, qui se rejoignent sur la ligne médiane du corps et dépassent de 12 à $15^{mm}$ la pointe apicale des élytres. Larves et adultes sont peu pubescents.

Dans l'ensemble, *A. campestris* est un Grillon massif par rapport à *A. bimaculata*, qui a une silhouette élancée, amincie à l'avant et à l'arrière du corps. Dans la nature, les deux espèces cohabitent seulement en certains points nord du bassin méditerranéen. La première est paléarctique, l'autre est une espèce tropicale qui ne dépasse pas, en France, la zone de l'olivier.

Il y a naturellement deux possibilités d'hybridation. Celle qui a été obtenue en premier lieu partait de la femelle de *campestris* croisée avec le mâle de *bimaculata* ($C \times B$). Dans ce cas, les hybrides $F_1$ ont les caractères suivants : les mâles, souvent de très grande taille, sont de type nettement *campestris*. Les femelles, au contraire, de taille moyenne, se rapprochent du type *bimaculata*. Les individus des deux sexes ont des ailes longues et caudées et sont pubescents. Ces caractères ont été notés sur environ 500 exemplaires provenant de la ponte de deux couples. De plus, ces hybrides ont entre eux une fécondité normale.

Récemment, j'ai obtenu l'hybridation inverse : femelle de *bimaculata*, croisée avec mâle de *campestris* ($B \times C$.). Les premiers essais ont été faits sur deux lots, comprenant chacun 4 femelles et 5 mâles. Ces lots ont été constitués avec des individus qui venaient d'effectuer leur mue imaginale. Mis à 30°C., ces Grillons se sont accouplés. Après 48 heures de séjour à l'étuve, chaque femelle portait un spermatophore. A la suite de ce premier résultat et pour apporter plus de précision dans l'étude des caractères de la descendance, j'ai isolé deux couples dans les mêmes conditions. Tous deux se sont accouplés. Toutes les femelles de ces divers lots ont pondu. J'ai ainsi obtenu une très grande quantité d'œufs, qui se sont développés et ont donné, à l'éclosion, de petites larves très vigoureuses, dont j'ai suivi l'évolution. Pour ce deuxième type d'hybridation, j'ai déjà actuellement plus

de 800 hybrides adultes, provenant de ces diverses souches. Quelle que soit leur origine ils présentent tous les mêmes caractéristiques :

Tous les individus sont plutôt de couleur sombre.

Les mâles sont de taille moyenne et du type *bimaculata*.

Les femelles, de très grande taille, ont un aspect hybride, mais se rapprochent nettement du type *bimaculata*. Ces dernières, de forme luxuriante, ont une grosseur moyenne qui dépasse de beaucoup celle des individus de même sexe chez les espèces parentes, si bien qu'en raison des phénomènes habituels de dysharmonie de croissance, l'analyse du détail des caractéristiques morphologiques de ces femelles est fort délicate. Elle ne pourra être donnée qu'après une étude comparative minutieuse d'une très grande série des phénotypes de *A. campestris* et *A. bimaculata* de toutes tailles.

Tous les individus, sans la moindre exception, ont des ailes caudées, ainsi que le parent *bimaculata*.

Tous sont pubescents, ainsi que le parent *campestris*. La pubescence est dorée ou argentée.

Ces hybrides se croisent entre eux. Les femelles très prolifiques donnent ainsi une deuxième génération parfaitement viable.

En réunissant les résultats des deux croisements C × B et B × C, on peut conclure que :

1° certains caractères considérés comme spécifiques (aspect général, forme de la tête et du pronotum) se transmettent sous la forme classique de l'hérédité liée au sexe : dans le croisement C × B, les mâles sont tous du type maternel (*campestris*), les femelles sont hybrides et se rapprochent du type paternel (*bimaculata*). Dans le croisement inverse B × C, pour ces mêmes caractères, les mâles sont du type maternel (*bimaculata*), et les femelles sont hybrides comme celles du premier croisement;

2° la longueur et la caudation des ailes de *A. bimaculata* se présentent comme un caractère dominant dans la première génération des deux catégories d'hybrides;

3° la pubescence de *A. campestris* est également un caractère dominant dans la première génération des hybrides de l'un et l'autre type;

4° tous les hybrides sont féconds et les femelles sont très prolifiques.

PROTISTOLOGIE. — *Variations numériques de quelques sinusoïdes primaires, à boucles égales, du corps des Spirochétidés.* Note de M. G. **Delamare**, présentée par M. H. Vincent.

D'après les mensurations effectuées sur 30 éléments, la longueur des ordonnées varie de 0^mm^,5 à 4^mm^, celle des abscisses de 0^mm^,5 à 16^mm^.

En prenant comme numérateur la longueur de l'ordonnée médiane et comme dénominateur celle de l'abscisse de la boucle correspondante, on obtient des fractions dont le classement donne les séries suivantes :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| – | $\frac{1}{0,5}$ | – | – | – | – |
| – | $\frac{1}{1}$ | – | $\frac{2}{2}$ | – | – |
| $\frac{0,5}{1}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1,5}{3}$ | $\frac{2}{4}$ | – | – |
| $\frac{0,5}{1,5}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1,5}{5}$ | $\frac{2}{6}$ | $\frac{3}{9}$ | $\frac{4}{12}$ |
| $\frac{0,5}{2}$ | $\frac{1}{4}$ | – | $\frac{2}{8}$ | $\frac{3}{12}$ | $\frac{4}{16}$ |
| $\frac{0,5}{2,5}$ | $\frac{1}{5}$ | – | $\frac{2}{10}$ | – | – |
| $\frac{0,5}{3}$ | $\frac{1}{6}$ | – | $\frac{2}{12}$ | – | – |
| – | $\frac{1}{7}$ | – | – | – | – |
| $\frac{0,5}{4}$ | $\frac{1}{8}$ | – | $\frac{2}{16}$ | – | – |
| ... | . | . | .. | . | . |
| – | $\frac{1}{10}$ | – | – | – | – |
| . | .. | . | . | . | . |
| – | $\frac{1}{12}$ | – | – | – | – |

Si les séries des numérateurs 1,5, 3 et 4 sont à peine ébauchées, la série de numérateur 1 permet de suivre, dans d'assez bonnes conditions, les variations numériques en rapport avec le raccourcissement et l'allongement de la sinusoïde proprement dite. Les séries de numérateurs 0,5 et 2 se prêtent à des constatations analogues, mais dans des champs moindres et à d'autres échelles.

Compte tenu de la rareté des chiffres extrêmes (1/0,5, 1/10 et 1/12), on est conduit à penser qu'en règle générale tout au moins les changements de longueur s'effectuent entre 1/1 et surtout 1/2 et 1/8 ou 0,5/1 et 0,5/4, 2/4 et 2/16. Fait digne de remarque à ce sujet, l'examen, en position verticale, des germes soumis aux mensurations, montre que la forme en S, typique pour 1/2, s'altère à partir de 1/1 (S *aplati*) et de 1/5 (S *étiré*). La rareté et le type morphologiquement insolite des S très aplatis prouvent que la limite extrême du racourcissement n'est qu'exceptionnellement atteinte et, seulement, dans certaines espèces. La fréquence médiocre des S étirés laisse penser que la marge de l'allongement n'est pas très considérable. Limitée par la taille et l'élasticité des corps spirochétiens, cette marge apparaît, au demeurant, assez variable suivant les espèces et d'une détermination souvent malaisée à cause des difficultés bien connues de la discrimination, aux échelles réduites de l'allongement et du redressement.

Le changement d'échelle des courbes de même catégorie comporte, comme de raison, une modification strictement proportionnelle des ordonnées et des abscisses. Le passage de la sinusoïde proprement dite aux sinusoïdes raccourcie ou allongée de même échelle tel qu'on le trouve dans la série 1/2, 1/3, 1/6 implique des variations de sens contraire des seules abscisses alors que les mêmes transformations associées à des changements d'échelle telles qu'on les décéle dans la série 1,5/3, 1/3, 0,5/3 résultent des variations de même ordre des seules ordonnées. Cette dernière modalité est compatible, on le conçoit sans peine, avec une forte élasticité et occasionne un aplatissement éventuellement précurseur d'un redressement complet.

La rareté des sinusoïdes à boucles égales atteste que les boucles + et — des mêmes couples sont loin de participer habituellement de façon identique aux variations de longueur de la courbe du corps des spirochètes.

Ces quelques résultats suffisent, croyons-nous, à établir qu'à l'aide d'un nombre restreint de données numériques convenablement sériées, il est possible d'interpréter les principaux changements de dimensions et de formes des courbes envisagées, d'en préciser le mécanisme ainsi que la topographie et de conclure qu'en fin de compte, ces changements se ramènent à des phénomènes plus ou moins accusés de *raccourcissement* et *d'allongement*, avec ou sans *aplatissement*, enregistrés à des *échelles différentes*.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

La Section de Géométrie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Paul Painlevé* :

*En première ligne*.............. M. **Paul Montel**.
*En seconde ligne*.............. M. **Gaston Julia**.
*En troisième ligne*............. M. **Arnaud Denjoy**.
*En quatrième ligne*, ex æquo *par ordre alphabétique*............... MM. **Maurice Fréchet**, **René Garnier**, **Paul Lévy**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h45^m$.

E. P.

## ERRATA.

---

(Séance du 12 février 1934.)

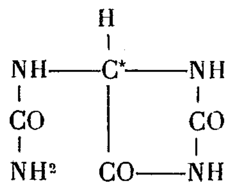
Note de MM. *Feron* et *André Lancien*, Association du radical cinnamique et du cuivre dans le traitement de la lèpre :

Page 683, en note, il faut lire que la présentation a été faite dans la séanee du 5 février 1934.

(Séance du 19 février 1934.)

Note de MM. *R. Fosse*, *P.-E. Thomas* et *P. de Græve*, Allantoïne douée du pouvoir rotatoire :

Pages 690 et 691, remplacer la formule (I) par la formule suivante :




Page 693, ligne 2, *au lieu de* $\alpha_D = 92°24'$, *lire* $\alpha_D = -92°24'$.

Note de M. *Georges Kurepa*, Sur le continu linéaire :

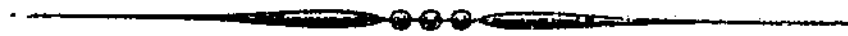
Page 705, ligne 17, *au lieu de* $2^{\aleph_0} > \aleph_\gamma$, *lire* $2^{\aleph_0} < \aleph_\gamma$; note (1), *au lieu de* Nous ne savons pas ce qu'on peut prendre, *lire* Nous ne savons pas si l'on peut prendre.

Note de M. *A. Kastler*, Le taux de polarisation de la fluorescence de la vapeur de mercure pure :

Page 724, ligne 7, *au lieu de* c. Excitation $\sigma_+\sigma_+$, *lire* c. Excitation $\sigma_+\sigma_-$.
Page 725, Tableau III, 1[re] colonne, ligne 5, *au lieu de* + 120°, *lire* + 20°.

Note de M. *Albert F. Blakeslee* et M[me] *Sophia Satina*, Les plantes diffèrent-elles des animaux par des gamètes léthals?

Page 768, ligne 9, *au lieu de Datura*, aussi que, *lire* aussi que chez *Datura*.



# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 5 MARS 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTROLOGIE. — *Sur l'emploi de la radiation rouge du cadmium comme étalon métrologique et spectroscopique.* Note de M. **Ch. Fabry.**

Il est de la plus haute importance, en métrologie et en spectroscopie, de pouvoir disposer d'une radiation monochromatique aussi bien définie que possible, susceptible d'être reproduite toujours identique à elle-même. A la suite de ses recherches devenues classiques, terminées vers 1890, Michelson donna la préférence à la radiation rouge du cadmium, exempte de satellites et assez fine pour donner des interférences facilement observables avec des différences de marche dépassant $16^{cm}$. Ce choix a été, en quelque sorte, sanctionné par la belle mesure du mètre en longueurs d'onde faite par Michelson au Bureau international des Poids et Mesures en 1892, avec la collaboration de René Benoît. La même comparaison, reprise dans divers pays (France, Japon, Angleterre, Allemagne) par une autre méthode (Perot et Fabry) a donné des résultats remarquablement concordants avec la mesure de Michelson.

D'autre part les spectroscopistes, à la suite des mesures de Buisson et Fabry, ont adopté cette même raie du cadmium comme étalon fondamental, et c'est sur elle qu'est basé le *système international des longueurs d'onde*, qui est maintenant unanimement adopté. La concordance parfaite des déterminations d'étalons secondaires faites dans divers pays montre que l'étalon fondamental choisi était bien adapté à sa destination.

Dans une Note récente (¹) M. Pérard a signalé le fait intéressant que,

---

(¹) Albert Pérard, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 727.

dans certaines conditions, la raie rouge du cadmium est susceptible de se renverser, se transformant ainsi en un *doublet* très serré, et il a attiré l'attention sur les erreurs qui peuvent en résulter dans les mesures où cette radiation est utilisée. Bien que ce phénomène de renversement soit extrêmement facile à éviter et que, très certainement, aucun des physiciens dont je viens de rappeler les travaux ne soit tombé dans l'erreur qui pourrait en résulter, M. Pérard a rendu service aux métrologistes en signalant une confusion possible dans des mesures délicates.

M. Pérard termine sa Note par la phrase suivante : « Et il semble bien que cette grande facilité de renversement soit de nature à disqualifier la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium pour le rôle d'étalon international de longueur, auquel certains métrologistes voudraient la destiner. »

Il me paraît impossible d'accepter cette conclusion. Le renversement signalé par M. Pérard se produit seulement dans les sources à très grande brillance, dont l'emploi n'est aucunement nécessaire en métrologie et en spectroscopie; il suffit de spécifier, comme l'ont fait les spectroscopistes, le mode de fonctionnement de la source productrice de la radiation rouge pour que l'accident observé par M. Pérard soit sûrement évité; d'ailleurs, une fois prévenu, un physicien attentif s'apercevra immédiatement de l'erreur qu'il pourrait commettre. La raie rouge du cadmium, sans avoir été promue au rang d'étalon international de longueur, est déjà employée dans de nombreuses déterminations métrologiques, allant jusqu'à des mesures de longueurs atteignant plusieurs mètres, avec une parfaite sécurité. Bien que la remarque de M. Pérard s'applique uniquement à l'emploi de la raie du cadmium comme *étalon international de longueur*, la « disqualification » dont il croit pouvoir affliger cette radiation s'étendrait évidemment à toutes les applications métrologiques exigeant l'emploi de grandes différences de marche. De cette condamnation trop rapide il faut seulement retenir que les physiciens doivent être mis en garde contre les particularités des lampes à grande brillance dont on a, peut-être un peu inconsidérément, généralisé l'emploi.

La remarque de M. Pérard se rattache à l'importante question suivante : Conviendrait-il, dans l'état actuel des choses, de changer la définition de l'unité internationale de longueur, d'abandonner la définition par les étalons métalliques et de rattacher directement le Mètre à une longueur d'onde? Il me paraît probable que ce changement sera effectué dans un avenir plus ou moins lointain ; les prototypes matériels deviendront alors des étalons secondaires qui conserveront une grande importance. Mais, à

mon avis, ce changement serait actuellement prématuré. Dans des questions aussi importantes, où le présent repose sur un long passé, où toute décision engage pour longtemps l'avenir, où toute fausse manœuvre peut avoir des conséquences difficiles à réparer, on ne saurait se montrer trop prudent. L'état actuel des choses n'est en rien gênant pour les physiciens qui veulent faire des mesures de longueur par interférence; la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium est connue avec une précision atteignant presque le dix-millionième, c'est-à-dire égale à celle qu'il est impossible de dépasser, avec laquelle le Mètre est défini par ses étalons légaux. Tous les progrès de la métrologie interférentielle auront pour effet de rapprocher le moment où la longueur d'onde pourra devenir l'étalon international.

En dehors de la raie rouge du cadmium on peut penser, pour cet usage, à d'autres radiations, émises dans des conditions définies.

Les conditions fondamentales pour qu'une radiation mérite d'être choisie sont : une extrême finesse et une absence complète de satellites; il faudrait ajouter, comme condition de commodité, que cette radiation ne doit pas faire partie d'un spectre trop complexe, pour que l'on puisse l'isoler sans trop de difficultés. La condition de finesse conduit à l'emploi d'un corps ayant une masse atomique élevée, pouvant être employé à basse température. Nous avons signalé depuis longtemps, M. Buisson et moi, les remarquables propriétés des raies du krypton, qui ont été employées depuis de divers côtés; il resterait à perfectionner et à préciser les conditions d'excitation permettant d'obtenir une brillance satisfaisante sans perdre sur la finesse. On pourrait penser aussi aux raies du xénon (masse atomique 130), que l'on sait aujourd'hui produire avec une grande intensité. Dans tous les cas, une condition essentielle est l'absence de satellites, et l'on ne saurait prendre trop de précautions pour s'assurer qu'elle est satisfaite. Je rappelle que l'on dispose pour cela de plusieurs moyens. On doit d'abord examiner la raie avec les divers appareils interférentiels à ondes multiples possédant un haut pouvoir de résolution (interféromètre de Perot et Fabry, échelon de Michelson, lame de Lummer). Le criterium basé sur la visibilité des franges, introduit par Michelson, est utile aussi; mais le criterium final pour constater qu'un groupe de raies est utilisable en métrologie est la constance des rapports de longueurs d'onde mesurés avec des différences de marche croissantes.

Quant à la possibilité de renversement, je crois qu'il faut la considérer comme d'importance secondaire. Je suis porté à croire que *toutes* les raies sont renversables, mais que toutes peuvent être obtenues *non renversées*.

Ce qu'il faut retenir des utiles observations de M. Pérard est une règle de conduite évidente, parfaitement respectée dans les débuts de la spectroscopie et de la métrologie interférentielles : Ayant choisi comme étalon, primaire ou secondaire, une raie déterminée dans le spectre d'un corps, il ne suffit pas de la faire émettre par une source quelconque, choisie uniquement d'après des conditions de commodité, d'intensité, ou même de prix de revient. Les conditions d'excitation doivent être définies, et c'est l'expérience qui doit dire, dans chaque cas particulier, la tolérance acceptable sur ces conditions. On ne peut être surpris de la nécessité de quelques précautions dans des mesures où l'on vise à la précision, vraiment exceptionnelle en Physique, du dix-millionième; il est au contraire remarquable que ce résultat puisse être atteint avec des moyens très simples et des conditions définies avec une tolérance très large.

THERMODYNAMIQUE. — *Fonctionnement d'un thermo-compresseur entraînant successivement deux fluides compressibles de densités différentes : Résultats expérimentaux.* Note (1) de M. **Jean Rey**.

J'ai appelé thermo-compresseurs les trompes à gaz ou à vapeur et, d'une façon générale, les trompes utilisant des fluides compressibles (fluide moteur ou fluide entraîné) dont les densités varient pendant leur passage dans l'appareil. Les nombreuses expériences que j'ai exécutées, depuis l'année 1905, m'ont fait découvrir certaines propriétés générales qui présentent quelque intérêt.

Lorsque l'on utilise, dans la tuyère motrice, un débit constant de vapeur d'eau, en la détendant de la pression absolue $p_0$, jusqu'à la pression $p$, à son entrée dans le mélangeur, et, que l'on entraîne de la vapeur prise, par exemple, à la pression atmosphérique extérieure $p_e$ ou de l'air pris à la même pression, on constate, l'appareil étant bien réglé, que le rapport des débits en poids des deux fluides entraînés ne dépend que de leurs densités. On observe également que la pression finale $p_f$ reste constante, quelle que soit la nature du fluide entraîné, air ou vapeur d'eau, bien que le rapport de leurs densités atteigne, dans mes expériences, près de 2 et, celui de leurs débits, en poids respectifs, près de 1,40.

Toutes ces expériences ont été effectuées sur des appareils à formes rectilignes, où le mélangeur figure un angle dièdre, dans les parois duquel sont percées les tuyères où passe le fluide entraîné, tandis que le fluide

(1) Séance du 26 février 1934.

moteur se détend dans une seule tuyère, dont l'orifice, également rectiligne, aboutit au sommet de l'angle dièdre. Un diffuseur, d'abord rectiligne, puis circulaire, fait suite au mélangeur.

Les pressions et les températures ($p_0$, $T_0$) sont mesurées à la section d'entrée de la tuyère motrice, à l'amont des tuyères du fluide entraîné ($P$, $T_P$) dans le mélangeur ($p$, $T_p$) et à la buse de sortie du diffuseur ($p_f$, $T_f$). Les débits en poids du fluide entraîné, $Q_v$ pour la vapeur et $Q_a$ pour l'air, ont été mesurés à l'avance par les procédés connus. La vapeur motrice, dont le débit en poids est $Q_0$, se détend de la pression initiale $p_0$ à la pression $p$ dans le mélangeur, pression égale à celle obtenue par la détente du fluide entraîné.

Les poids spécifiques des fluides entraînés dans le mélangeur sont, à l'amont du mélangeur : pour la vapeur $(\varpi_v)_P$ et pour l'air $(\varpi_a)_P$; dans le mélangeur, après la détente, leurs valeurs deviennent : pour la vapeur $(\varpi_v)_p$ et pour l'air $(\varpi_a)_p$. Il est à noter que la pression P est égale à la pression atmosphérique extérieure $p_a$, ou bien très voisine de cette valeur dans la plupart des thermo-compresseurs employés pour l'évaporation des liquides ou pour les industries chimiques.

J'appelle aussi $(\varpi_v)_{p_f}$ le poids spécifique du mélange des deux vapeurs, à la sortie du thermo-compresseur, dans le cas de l'entraînement de la vapeur; dans le cas de l'entraînement de l'air, j'appelle $(\varpi_{\text{mél.}})_{p_f}$ le poids spécifique du mélange d'air et de vapeur à la sortie du diffuseur. Ce dernier mélange s'effectue d'après la loi du mélange des gaz. Je désigne encore par $(\varpi_v)_p^P$ le poids spécifique moyen de la vapeur entraînée dans sa détente de P à $p$ et par $(\varpi_a)_p^P$ le poids spécifique moyen de l'air entraîné de P à $p$. Également par $(\varpi_v)_p^{p_f}$ le poids spécifique moyen du mélange des deux vapeurs dans le diffuseur où la pression s'élève de $p$ à $p_f$, et par $(\varpi_{\text{mél.}})_p^{p_f}$ celui du mélange d'air et de vapeur de $p$ à $p_f$. Le rapport du débit en poids du fluide entraîné au débit du fluide moteur est désigné par $\beta_v$, pour la vapeur et par $\beta_a$ pour l'air. On a donc

$$(1) \qquad \beta_v = \frac{Q_v}{Q_0} \qquad \text{et} \qquad \beta_a = \frac{Q_a}{Q_0}.$$

Il y a lieu de tenir compte que la vapeur motrice, parfaitement saturée, en se détendant jusqu'à son entrée dans le mélangeur de la pression $p_0$ à la pression $p$ voit son titre baisser de l'unité jusqu'à la valeur $x$ facile à déterminer.

*Pression dans le mélangeur.* — Cette pression est fort difficile à mesurer directement à cause des vitesses de choc des deux veines et des phénomènes tourbillonnaires qui les accompagnent. J'ai préféré, pour étudier le régime

de pression qui s'établit, mesurer le débit de la vapeur entraînée à l'orifice de chaque fenêtre, c'est-à-dire pour chaque tuyère d'entraînement. J'ai ainsi constaté que la pression dans le mélangeur augmente de l'entrée jusqu'à la sortie de cet organe; ou si l'on veut, que la dépression, différence entre la pression extérieure $P = p_e$ et la pression absolue du mélangeur $p$, diminue de la même manière. Sans entrer ici dans l'analyse détaillée de ce phénomène, j'ai reconnu que l'on pouvait substituer, dans les calculs, une pression moyenne uniforme $p$ à la pression variable que l'on constate; cette pression $p$ devant correspondre au même débit en poids entraîné, $Q_v$ ou $Q_a$, en tenant compte de la section $s$ des tuyères d'entraînement. D'une manière générale, dans la plupart des thermo-compresseurs, le rapport des pressions $p/P$ est supérieur à 0,5 et il est souvent très voisin de l'unité.

*Vitesse dans le mélangeur.* — Le choc des deux veines fluides dans le mélangeur, leur vitesse étant connue, permet de calculer, par le théorème des quantités de mouvement projetées, la vitesse commune du mélange à la sortie du mélangeur, c'est-à-dire à l'entrée du diffuseur; cette vitesse du mélange, que le diffuseur transforme en pression, doit être suffisante pour permettre d'atteindre la pression finale en tenant compte du rendement propre du diffuseur.

Si j'appelle $V_0$ la vitesse du fluide-moteur à son entrée dans le mélangeur V, la vitesse du fluide entraîné, également à son entrée, soit $V_v$ pour la vapeur et $V_a$ pour l'air, et si j'appelle $u$ la vitesse du mélange, $u_v$ pour vapeur-vapeur et $u_a$ pour vapeur-air, j'écris immédiatement les deux relations :

$$(2) \qquad u_v = \frac{V_0 \times 1 + \beta_v \times V_v}{1 + \beta_v} \qquad \text{et} \qquad u_a = \frac{V_0 \times 1 + \beta_a V_a}{1 + \beta_a}.$$

Elles se vérifient fort exactement, sans correction appréciable. A la sortie du diffuseur la vitesse du mélange est presque nulle.

*Résultats expérimentaux.* — Une première série d'expériences, à faible taux de compression, occupe la première partie du tableau ci-contre. Deux séries d'expériences, à fort taux de compression, en constituent la deuxième partie.

J'appelle taux de compression d'un thermo-compresseur le rapport $p_f/P$. Ces expériences ont été choisies parmi plusieurs centaines d'autres, les mesures ayant donné lieu à des vérifications minutieuses ([1]).

([1]) M. Marchadier a suivi avec moi toutes ces expériences.

| | Faible taux de compression. | | Fort taux de compression. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1re expérience. | | 2e expérience. | |
| | Vapeur-vapeur. | Vapeur-air. | Vapeur-vapeur. | Vapeur-air. | Vapeur-vapeur. | Vapeur-air. |
| $p_f/P$........ | 1,2619 | 1,2609 | 5,8201 | 5,8635 | 6,3218 | 6,3218 |
| $p_0$ (kg/m²)... | 60000 | 60000 | 110000 | 110000 | 110000 | 110000 |
| $T_0$.......... | 431° | 431° | 525° | 525° | 528° | 533° |
| $x$........... | 0,9073 | 0,9069 | 0,843 | 0,843 | 0,843 | 0,843 |
| $P=p_e$(kg/m²) | 10500 | 10308 | 1890 | 1876 | 1740 | 1740 |
| $T_P$......... | 372° | 299° | 371° | 302° | 341° | 331° |
| $p$ (kg/m²).... | 9700 | 9508 | 1880 | 1867 | 1733 | 1733 |
| $T_p$......... | 370° | 291°,6 | 331° | 302° | 331° | 331° |
| $p_f$ (kg/m²)... | 13250 | 12998 | 11000 | 11000 | 11000 | 11000 |
| $T_f$......... | 383° | 358°,10 | 458° | 461° | 461° | 464° |
| $Q_v$ (k/h).... | 608 | – | 9,920 | – | 8,480 | – |
| $Q_a$ (k/h).... | – | 841 | – | 13,754 | – | 10,872 |
| $Q_0$ (k/h).... | 366 | 366 | 91,500 | 91,500 | 91,500 | 91,500 |
| $\beta_v$.......... | 1,66119 | – | 0,108635 | – | 0,092676 | – |
| $\beta_a$.......... | – | 2,29784 | – | 0,150314 | – | 0,11882 |
| $(\varpi_v)_P$....... | 0,5850 | – | 0,10616 | – | 0,10580 | – |
| $(\varpi_v)_p$....... | 0,56292 | – | 0,10560 | – | 0,10929 | – |
| $(\varpi_v)_p^P$....... | 0,5739 | – | 0,10588 | – | 0,10754 | – |
| $(\varpi_a)_P$....... | – | 0,17782 | – | 0,211226 | – | 0,17960 |
| $(\varpi_a)_p$....... | – | 1,11397 | – | 0,211210 | – | 0,17887 |
| $(\varpi_a)_p^P$....... | – | 1,14589 | – | 0,211218 | – | 0,17923 |
| $(\varpi_v)_{p_f}$...... | 0,72073 | – | 0,49751 | – | 0,49505 | – |
| $(\varpi_v)_p^{p_f}$...... | 0,64182 | – | 0,30936 | – | 0,30217 | – |
| $(\varpi_{\text{mél.}})_p$..... | – | 0,85158 | – | 0,12542 | – | 0,11423 |
| $(\varpi_{\text{mél.}})_{p_f}$..... | – | 1,03750 | – | 0,51792 | – | 0,51313 |
| $(\varpi_{\text{mél.}})_p^{p_f}$..... | – | 0,94454 | – | 0,32167 | – | c,31368 |

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le calcul des orbites des étoiles doubles visuelles.* Note (¹) de M. Luc Picart.

Admettons, ainsi que l'a fait Laplace dans le cas des orbites planétaires, que les données d'observations permettent de calculer, à un instant donné $t$, les coordonnées rectangulaires $x$, $y$, dans le plan perpendiculaire au rayon visuel, du compagnon mobile par rapport à l'étoile principale, et, en outre, les dérivées successives $x'$, $y'$, $x''$, $y''$, $x'''$, $y'''$, $x^{\text{iv}}$, $y^{\text{iv}}$.

(¹) Séance du 26 février 1934.

Soient, suivant les notations habituelles que nous aurons à préciser, $\Omega$ l'angle de position de la ligne des nœuds, $i$ l'inclinaison de l'orbite; les coordonnées $\xi$ et $\eta$ dans le plan de l'orbite vraie, par rapport à deux axes dont le premier coïncide avec la ligne des nœuds, seront

$$(1) \qquad \xi = x\cos\Omega + y\sin\Omega, \qquad \eta = -\frac{x\sin\Omega + y\cos\Omega}{\cos i};$$

d'où, pour la distance $r$ mesurée dans le même plan,

$$(2) \qquad r^2 = \alpha x^2 + 2\beta xy + \gamma y^2,$$

les coefficients $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ ne contenant que $\Omega$ et $i$; ce sont ces coefficients que nous allons calculer en premier lieu.

$x$ et $y$ étant des fonctions linéaires à coefficients constants de $\xi$ et $\eta$, on aura

$$(3) \qquad x'' + k^2\frac{x}{r^3} = 0, \qquad y'' + k^2\frac{y}{r^3} = 0,$$

où $r$ est défini par la formule (2); on a $k^2 = n^2a^3$, $n$ et $a$ étant le moyen mouvement et le demi-grand axe de l'orbite vraie. On doit donc avoir

$$(4) \qquad \frac{x''}{x} = \frac{y''}{y}.$$

En prenant les dérivées successives des deux membres des équations (3), on obtient successivement

$$(5) \qquad \frac{3r'}{r} = \frac{x'}{x} - \frac{x'''}{x''} = \frac{y'}{y} - \frac{y'''}{y''},$$

$$(6) \qquad \frac{3r''}{r} - \frac{3r'^2}{r^2} = \frac{x''}{x} - \frac{x'^2}{x^2} - \frac{x^{\text{IV}}}{x''} + \frac{x'''^2}{x''^2} = \frac{y''}{y} - \frac{y'^2}{y^2} - \frac{y^{\text{IV}}}{y''} + \frac{y'''^2}{y''^2},$$

les deux dernières des égalités (5) et (6) étant une conséquence de (4).

Appelons A, 3B et $3C - 3B^2$ les valeurs des expressions (4), (5), (6) *pour l'instant t*, calculées au moyen des données; on a

$$\frac{r'}{r} = \frac{\alpha xx' + \beta(xy' + yx') + \gamma yy'}{\alpha x^2 + 2\beta xy + \gamma y^2},$$

puis, en tenant compte de $x'' = Ax$, $y'' = Ay$,

$$\frac{r''}{r} + \frac{r'^2}{r^2} = A + \frac{\alpha x'^2 + 2\beta x'y' + \gamma y'^2}{\alpha x^2 + 2\beta xy + \gamma y^2}.$$

On a donc les deux équations

(7) $$\alpha xx' + \beta(xy' + yx') + \gamma yy' = B(\alpha x^2 + 2\beta xy + \gamma y^2),$$

(8) $$(C + B^2 - A)(\alpha x^2 + 2\beta xy + \gamma y^2) = \alpha x'^2 + 2\beta x'y' + \gamma y'^2.$$

On en tire

$$\frac{\alpha}{m} = -\frac{\beta}{n} = \frac{\gamma}{p},$$

après avoir posé, en supprimant le facteur commun $xy' - yx'$,

$$m = (C + B^2 - A)y^2 + y'^2 - 2Byy',$$
$$n = (C + B^2 - A)xy + x'y' - B(xy' + yx'),$$
$$p = (C + B^2 - A)x^2 + x'^2 - 2Bxx'.$$

Ceci s'écrit en remplaçant $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ par leurs expressions :

$$\frac{\cos^2 \Omega + \dfrac{\sin^2 \Omega}{\cos^2 i}}{m} = \frac{\sin \Omega \cos \Omega \operatorname{tang}^2 i}{n}$$
$$= \frac{\sin^2 \Omega + \dfrac{\cos^2 \Omega}{\cos^2 i}}{p} = \frac{1 + \dfrac{1}{\cos^2 i}}{m + p} = \frac{\cos 2\Omega \left(1 - \dfrac{1}{\cos^2 i}\right)}{m - p},$$

d'où

(9) $$\operatorname{tang} 2\Omega = \frac{2n}{m - p};$$

les signes de $\cos 2\Omega$ et de $m + p/m - p$ devant être contraires l'un de l'autre, l'angle $\Omega$ se trouve déterminé à 180° près; on se conformera à l'usage en prenant $\Omega$ inférieur à 180°.

On a ensuite

(10) $$\cos^2 i = \frac{m - p \operatorname{tang}^2 \Omega}{p - m \operatorname{tang}^2 \Omega}.$$

La formule (2) donne ensuite $r$ à l'instant $t$; on déduit de (4)

$$k^2 = n^2 a^3 = -Ar^3,$$

puis, par l'application de l'intégrale des forces vives dans le mouvement vrai,

$$n^2 a^2 = (C + B^2 + A)r^2,$$

d'où

$$a = \frac{-Ar}{C + B^2 + A}, \qquad n^2 = \frac{(C + B^2 + A)^3}{A^2}.$$

L'intégrale des aires donne, en projection,

(11) $$k\sqrt{p} \cos i = xy' - yx'.$$

On déterminera $e$ et $\varphi$ par les formules

$$e\cos\varphi = \frac{p}{r} - 1, \qquad e\sin\varphi = \frac{\sqrt{p}}{k};$$

comme les formules (1) donnent les valeurs de $\xi$ et $\eta$, qui, d'autre part, sont respectivement

$$\xi = r\cos(\omega + \varphi), \qquad \eta = r\sin(\omega + \varphi),$$

on connaît l'angle $\omega$.

On remarquera que l'équation (11) donne pour $\cos i$ une valeur négative lorsque celle de $xy' - yx'$ est négative. *Il est donc logique de prendre l'inclinaison i comprise entre 90° et 270° lorsque le mouvement apparent fait décroître l'angle de position.*

Cette convention, ajoutée à celle qui fait compter l'angle $\omega$ de 0° à 360° dans le sens du mouvement (AITKEN, *The binary stars*, p. 72), aurait pour avantage de supprimer le double signe qui existe dans l'expression des coordonnées apparentes en fonction des éléments actuellement adoptés.

La méthode préeédente n'introduit pas de simplification notable au point de vue du calcul pratique; elle remplace le calcul des coefficients de l'équation de l'ellipse apparente par celui des dérivées des coordonnées, et ces deux calculs sont comparables. Mais elle permet des vérifications de ce calcul préliminaire, d'après les formules (4), (5), (6); son application paraît surtout indiquée lorsque les observations dont on dispose sont faites à des époques voisines et se rapportent à une faible portion de l'orbite apparente.

Dans ce cas des observations rapprochées, on peut montrer, en généralisant un résultat de Poïncaré [1], qu'il y a avantage à choisir pour l'époque $t$ la moyenne arithmétique des dates d'observations.

ENTOMOLOGIE. — *Sur l'organisation interne des larves nymphales des* Bætisca (*types d'Éphémères*). Note [2] de M. **A. VAYSSIÈRE**.

Une larve nymphale très curieuse, découverte en 1862 par Walsh sur les bords du lac Supérieur, au Canada, décrite très superficiellement sous le nom de *Bætisca obesa* par ce naturaliste en 1864, n'a été retrouvée dans des cours d'eau de la partie orientale des États-Unis que ces dernières

(1) *Bulletin astronomique*, 23, 1906, p. 163.

(2) Séance du 26 février 1934.

années par M. J. R. Traver de l'Université d'Ithaca, ainsi que d'autres larves appartenant à deux autres espèces de ce même genre. Ces trois types de larves ne sont connus que par les descriptions zoologiques données en 1931 par ce naturaliste (*Journ. New-York Entomology Society*, 39).

Dans les recherches que j'avais poursuivies en 1880-1882 sur l'organisation des larves des Éphémérines, j'avais eu l'occasion de m'occuper de *Bætisca obesa* grâce à deux dépouilles nymphales que m'avait envoyées M. A. Hagen (de Cambridge, Massachusets). Ces dépouilles m'avaient permis de reconnaître la parenté existant entre cet insecte et le genre *Prosopistoma*: même concentration du corps, même position dorsale thoraco-abdominale des trachéo-branchies, recouvertes dans ces deux genres par un vaste bouclier dorsal. Mais il ne m'avait pas été possible de pousser plus loin mes investigations, particulièrement au point de vue de leur organisation interne, faute d'individus frais ou conservés dans l'alcool, et j'avais dû me contenter d'émettre l'opinion que celle-ci devait êtres emblable à la structure anatomique du *Prosopistoma*.

Ayant reçu en 1932 des larves nymphales des trois espèces connues de *Bætisca* que M. Needham (d'Ithaca), m'a fait parvenir, j'ai pu étudier l'organisation interne de ces Insectes et j'ai constaté, comme je l'avais avancé en 1882, que certains organes offrent une grande ressemblance avec ceux du *Prosopistoma*. En effet, chez ces deux genres d'Éphémérines, l'appareil trachéo-branchial est protégé par un très vaste bouclier dû à un prolongement du mesonotum, qui chez le *Prosopistoma* est soudé sur toute l'étendue de son pourtour au thorax et aux six premiers anneaux de l'abdomen, tandis que ce même bouclier chez les *Bætisca* est libre sur les côtés et en arrière, soudé seulement en avant, reposant par suite sans adhérence sur la face dorsale du corps.

Les trachéo-branchies sont en même nombre, cinq paires, et elles offrent la même forme que celles du *Prosopistoma*.

Le système nerveux, dans sa partie ganglionnaire, présente la même disposition, surtout la partie thoraco-abdominale constituée comme chez le *Prosopistoma*, par une unique masse nerveuse ventrale due à la coalescence des trois paires de ganglions thoraciques et de toutes les paires de ganglions abdominaux.

Par suite de cette similitude dans la forme larvo-nymphale de ces deux genres, dans la position dorsale, dans le nombre et dans la structure de leurs trachéo-branchies, dans la concentration considérable de leur système nerveux ventral, le tout venant s'ajouter à la grande analogie existant entre les adultes, nous sommes en droit de les séparer des autres Éphémérines qui eux ont le corps allongé, toujours pourvu d'un système nerveux ganglionnaire thoracique distinct du système abdominal et en former une sous-famille, les *Prosopistominés*, comme l'a fait le professeur Lameere en 1917 dans son Mémoire sur l'évolution des Éphémères.

M. J. Costantin fait hommage à l'Académie de deux publications qui viennent de paraître :

1° l'une de lui intitulée : *Évolution de nos conceptions sur la dégénérescence et la symbiose* (Mémoire paru dans les *Annales des Sciences naturelles*, t. XV). C'est la synthèse de ses travaux commencés déjà en 1906, continués jusqu'en 1933;

2° l'autre de MM. P. Lebard et J. Magrou intitulée : *Culture de la Pomme de terre en montagne et en plaine. Nouvelles expériences sur l'optimum altitudinal* (travail paru également dans les *Annales*, t. XV). Ils ont vérifié, une fois de plus, la loi de l'optimum de production à 1500$^{m}$ d'altitude, au cours d'une année qui avait paru défavorable.

Comme de tels résultats intéressent au plus haut point l'agriculture, un *syndicat d'Agronomie alpine* a été créé en octobre 1933 dans le canton de La Grave (Hautes-Alpes), région où ont été réalisées leurs cultures depuis 1929. C'est à l'activité et à l'intelligente initiative de M. Lebard que cette création est due. Aussi une expérience agricole de grande envergure va pouvoir être réalisée par les nombreux montagnards, membre de cette association, en 1934. Par les soins de ses collaborateurs, des Pommes de terre saines de diverses origines (environ 3000$^{kg}$ de tubercules venant de Hollande et de Bretagne et conservées en haute altitude depuis novembre) vont leur être généreusement distribuées.

Cet essai véritablement pratique contrôlera, il y a lieu de l'espérer, l'efficacité de la cure d'altitude.

M. Henri Lecomte fait hommage à l'Académie du tome sixième, fascicule 5 : *Orchidacées* (fin), par F. Gagnepain et A. Guillaumin; *Apostasiacées*,

par GAGNEPAIN; *Hémodoracées*, par L. RODRIGUEZ; *Iridacées*, *Amaryllidacées*, *Taccacées*, par GAGNEPAIN; *Discoréacées*, par Sir DAVID PRAIN et I. H. BURKILL, de la *Flore générale de l'Indochine*, publiée sous sa direction et celle de H. HUMBERT.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Géométrie, en remplacement de M. *P. Painlevé* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 54,

| | |
|---|---|
| M. Gaston Julia obtient................ | 32 suffrages |
| M. Paul Montel » ................ | 21 » |

Il y a 1 bulletin nul.

M. **GASTON JULIA**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

## COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1934, est clos en la séance du 5 mars.

41 cahiers de vote ont été déposés.

Les commissions seront composées ainsi qu'il suit, par les membres de droit et ceux dont l'élection résulte du dépouillement du scrutin :

I. MATHÉMATIQUES : *Prix Poncelet*, *Francœur*. — MM. Émile Picard, Hamy, Lecornu, Hadamard, Goursat, Émile Borel, Lebesgue, Cartan, Julia.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Ocagne, Drach.

II. MÉCANIQUE : *Prix Montyon*, *Fourneyron*, *H. de Parville*. — MM. Émile Picard, Lecornu, Goursat, Émile Borel, Drach, Jouguet, Villat, Louis de Broglie, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Laubeuf, M. d'Ocagne.

III. ASTRONOMIE : *Prix Lalande*, *Valz*, *Janssen*. — MM. Émile Picard,

Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Esclangon, Maurain, A. de La Baume Pluvinel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Fichot, Ch. Fabry.

IV. Géographie : *Prix Delalande-Guérineau, Gay, fondation Tchihatchef, prix Binoux.* — MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier, Tilho.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Lacroix, Ch. Maurain.

V. Navigation : *Prix du Ministère de la Marine, Plumey.* — MM. Émile Picard, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Laubeuf, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Émile Jouguet, Villat, Tilho, Louis de Broglie, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Borel, Rey.

VI. Physique : *Prix La Caze, Kastner-Boursault, Hébert, Hughes, fondation Clément Félix.* — MM. Émile Picard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Borel, A. de Gramont.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, La Caze, fondation Cahours, prix Paul Marguerite de la Charlonie, Houzeau.* — MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine, Fosse.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, M. de Broglie.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix James Hall.* — MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux, Ch. Jacob.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, A. Cotton.

IX. Physique du globe : *Prix Victor Raulin.* — MM. Deslandres, A. Lacroix, Hamy, Lallemand, Bourgeois, Janet, Maurain.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Branly, Esclangon.

X. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, de la Fons Mélicocq, de Coincy.* — MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Gabriel Bertrand, Molliard, Blaringhem.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Viala, Fosse.

XI. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier*, *fondation Savigny*, *prix Jean Thore*. — MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ch. Richet, Cuénot.

XII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon*, *Barbier*, *Bréant*, *Godard*, *Mège*, *Bellion*, *Larrey*, *Jean Dagnan-Bouveret*, *Louise Darracq*. — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, Branly, Charles Richet, Leclainche, Mesnil, Vincent, Achard, Nicolle, Gosset, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Joubin, Lapicque.

XIII. Physiologie : *Prix Montyon*, *La Caze*, *Pourat*, *Martin-Damourette*, *Philipeaux*. — MM. A. d'Arsonval, Mangin, Charles Richet, Mesnil, Gravier, Molliard, Lapicque.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Vincent, Caullery.

XIV. Statistique : *Prix Montyon*. — MM. Émile Picard, Lecornu, Lecomte, Émile Borel, M. d'Ocagne, Lebesgue, Drach.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maurain, Cartan.

XV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux*. — MM. Émile Picard, Bouvier, L. de Launay, Charles Richet, Émile Borel, Matignon, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Joubin, Gravier.

XVI. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville*. — MM. Émile Borel, Dangeard, Émile Picard, A. Lacroix; et trois membres élus : MM. Émile Borel, Gravier, Paul Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Villat, Caullery, M. d'Ocagne.

XVII. *Médailles Arago*, *Lavoisier*, *Berthelot*, *Henri Poincaré*. — MM. Émile Borel, Dangeard, Émile Picard, A. Lacroix.

XVIII. *Prix Gustave Roux*, *Thorlet*, *fondations Lannelongue*, *Alexandre Darracq*, *Leroy-Drouault*, *Octave Mirbeau*, *Trémont*, *Gegner*, *Hirn*, *Henri Becquerel*, *Mme Victor Noury*, *Charles Frémont*. — MM. Émile Borel, P.-A. Dangeard, Émile Picard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier.

XIX. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences mathématiques). —

MM. Émile Picard, Lecornu, Hadamard, Goursat, Borel, Lebesgue, Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bourgeois, Drach.

XX. *Prix Bordin* (Sciences physiques). — MM. Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Le Chatelier, Dangeard, Joubin, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Molliard, Lapicque.

XXI. *Prix Lallemand.* — MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Charles Richet, Joubin, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Caullery, Lapicque.

XXII. *Prix Vaillant* (Sciences physiques). — MM. Bouvier, A. Lacroix, Le Chatelier, Joubin, Molliard, Caullery, Fosse.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Dangeard, Lapicque.

XXIII. *Prix Houllevigue* (Sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Deslandres, Lecornu, Borel, Brillouin, d'Ocagne, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, Cartan.

XXIV. *Prix Jean-Jacques Berger.* — MM. Émile Picard, d'Arsonval, A. Lacroix, Lecomte, Breton, Mesnil, d'Ocagne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Caullery, Maurain.

XXV. *Prix Saintour* (Sciences physiques). — MM. Bouvier, A. Lacroix, Marchal, Dangeard, Joubin, Mesnil, Molliard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Arsonval, Caullery.

XXVI. *Prix Jules Mahyer* (Sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Deslandres, Lecornu, Goursat, M. d'Ocagne, Lebesgue, Fichot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Borel, Maurain.

XXVII. *Prix Lonchampt.* — MM. d'Arsonval, A. Lacroix, Mangin, Richet, Leclainche, Mesnil, Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gravier, Molliard.

XXVIII. *Prix Henry Wilde.* — MM. Émile Picard, Deslandres, A. Lacroix, Hamy, Émile Borel, G. Bertrand, Perrin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Esclangon, Jacob.

XXIX. *Prix Caméré.* — MM. Le Chatelier, Lecornu, Breton, d'Ocagne, Séjourné, Drach, Jouguet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Rey, Villat.

XXX. *Prix Albert Ier de Monaco.* — MM. Émile Borel, Dangeard, Émile Picard, A. Lacroix et sept membres qui seront élus ultérieurement.

XXXI. *Prix Marquet* (Sciences mathématiques). — MM. Picard, Deslandres, Lecornu, Borel, Cotton, Cartan, Villat.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, Drach.

XXXII. *Prix Hélène Helbronner-Fould.* — MM. Émile Borel, Dangeard, Émile Picard, A. Lacroix; Blondel, Paul Janet, Breton, d'Ocagne, M. de Broglie, Desgrez, Séjourné, Charcot, Helbronner, de Gramont.

XXXIII. *Prix Jérôme Ponti* (Sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Lallemand, Lecornu, Borel, d'Ocagne, Perrin, Villat.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ch. Fabry, Maurain.

XXXIV. *Fondation Le Chatelier.* — MM. Le Chatelier, Charpy, Lumière, Laubeuf, Georges Claude, Guillet, Rey.

XXXV. *Fondation Roy-Vaucouloux.* — MM. Ch. Richet, Joubin, Mesnil, Vincent, Caullery, Lapicque, Gosset.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gravier, Fosse.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Henri Gadeau de Kerville. *Mélanges entomologiques.* 5e Mémoire.

MM. **Alexandre Besredka** et **Constantin Levaditi** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section d'Économie rurale par le décès de MM. *A. Calmette* et *E. Roux*.

GÉOMÉTRIE. — *Tétraèdres inscrits dans une biquadratique et circonscrits à une développable de classe 4 et genre 1 ou à une quadrique.* Note de M. Bertrand Gambier.

1. Une première solution du problème : *tétraèdres inscrits dans une biquadratique et circonscrits à une développable de classe 4 et genre* 1, est obtenue ainsi : La biquadratique $\mathcal{B}$ est supposée, par homographie, réduite à $(pu, p'u, p''u, 1)$; on considère une droite D arbitraire définie par deux plans d'équation $\alpha_i x + \beta_i y + \gamma_i z + \delta_i = 0$ $(i = 1, 2)$, puis l'équation où $\lambda_1 : \lambda_2$ est arbitraire :

$$\begin{aligned}(1)\qquad & \lambda_1[\alpha_1 p(u-a) + \beta_1 p'(u-a) + \gamma_1 p''(u-a) + \delta_1] \\ & + \lambda_2[\alpha_2 p(u-a) + \beta_2 p'(u-a) + \gamma_2 p''(u-a) + \delta_2] = 0,\end{aligned}$$

$a$ étant une constante fixe (dont $\omega$, $\omega'$, $\omega + \omega'$ sont trois valeurs remarquables). L'équation (1) définit sur $\mathcal{B}$ 4 points A, B, C, D dont la somme des arguments vaut $4a$; le plan BCD coupe $\mathcal{B}$ en un nouveau point A' dont l'argument est égal à celui de A diminué de $4a$; *chaque point de* $\mathcal{B}$ *donne un unique tétraèdre ayant ce point pour sommet, et un unique tétraèdre dont une face passe par ce point qui n'est pas sommet de ce nouveau tétraèdre*; les faces du tétraèdre enveloppent une développable $\Delta$ de classe 4, genre 1. Le couple $\mathcal{B}$, $\Delta$ ainsi obtenu dépend de 21 paramètres (16 pour $\mathcal{B}$, 4 pour D, puis $a$) tandis que le couple général (biquadratique, développable de classe 4, genre 1) dépend de 32 paramètres : *les conditions géométriques réalisées pour obtenir ce couple particulier, qui se traduisent par* 11 *équations seulement, sont au nombre de* 16 : une développable $\Delta$ est coupée par une courbe $\mathcal{B}$ en 32 points; *ici*, 8 *de ces intersections sont doubles, équivalent à un total de* 16, *et les* 16 *intersections restantes sont, par couples de* 2, *réparties sur* 8 *génératrices de* $\Delta$.

*A priori*, écrire que les faces d'un tétraèdre inconnu, inscrit dans une courbe $\mathcal{B}$, sont tangentes à une développable $\Delta$ donne 8 équations pour 4 inconnues; le couple général $(\mathcal{B}, \Delta)$ ne donne aucune solution; en se donnant un tétraèdre T (12 paramètres), une biquadratique $\mathcal{B}$ circonscrite (8 paramètres), une développable $\Delta$ inscrite (8 paramètres), on a un couple $\mathcal{B}$, $\Delta$ spécial ne dépendant que de 28 paramètres, ayant un seul tétraèdre; en donnant *a priori* deux tétraèdres $T_1$, $T_2$ (24 paramètres), $\mathcal{B}$ et $\Delta$ se trouvent déterminées et n'admettent que ces deux tétraèdres. Ces

résultats sont tout semblables à ceux que j'ai indiqués pour une cubique gauche et une développable cubique (¹); mais l'équation

$$(2)\quad \lambda_1[\alpha_1 p(u-a)+\ldots]+\lambda_2[\alpha_2 p(u-a)+\ldots]+\lambda_3[\alpha_3 p(u-a)+\ldots]=0$$

définit $\infty^2$ tétraèdres dont les faces enveloppent cette fois une surface irréductible de classe 4 et non une quadrique. Si l'on revient à l'équation (1), une quadrique Q arbitraire inscrite dans la développable $\Delta$, admet avec $\mathcal{B}$ les $\infty^1$ tétraèdres obtenus : *le couple* $\mathcal{B}$, Q *obtenu dépend de* 22 *paramètres*, tandis que le couple général $\mathcal{B}$, Q dépend de 25 paramètres; on remarquera d'ailleurs que donner à priori deux tétraèdres $T_1$, $T_2$ *quelconques*, détermine $\mathcal{B}$ complètement, puis $\infty^1$ quadriques Q et qu'un couple $\mathcal{B}$, Q ainsi obtenu dépend de 25 paramètres et est le couple *général*.

2. Voici maintenant des configurations essentiellement distinctes de celles qui précèdent; on donne $\mathcal{B}$ (16 paramètres), puis une quadrique Q *quelconque* contenant $\mathcal{B}$ (un nouveau paramètre); j'ai montré dans mon Mémoire relatif aux transformations homographiques de $\mathcal{B}$ en elle-même (²) qu'il existe *trois* quadriques associées à Q, contenant $\mathcal{B}$, telles que, Q′ étant l'une, $\mathcal{B}$ possède $\infty^1$ quadrilatères R inscrits dans $\mathcal{B}$, dont les côtés sont alternativement situés sur l'une, déterminée, des deux semi-quadriques de support Q, puis sur l'une analogue de support Q′; il existe en même temps $\infty^1$ quadrilatères $R_1$ de même définition, relatifs aux deux semi-quadriques complémentaires; un quadrilatère R, un quadrilatère $R_1$, choisis tous deux arbitrairement, sont évidemment sur une même quadrique $Q_1$, et la remarque de M. Rowe montre que *tout plan* $\alpha$ *tangent à* $Q_1$ coupe $\mathcal{B}$ en quatre points A, B, C, D tels que les plans tangents à $Q_1$, autres que $\alpha$, menés par BC, CD, DB se recoupent en A′ sur $\mathcal{B}$; $\mathcal{B}$ *donnée*, $Q_1$ *dépend de trois paramètres et se conserve dans l'une des involutions biaxiales dont les axes sont deux arêtes opposées du tétraèdre conjugué commun aux quadriques contenant* $\mathcal{B}$; A′ *est le transformé de* A *dans cette involution; le plan* $\alpha'$, *homologue de* $\alpha$ *dans cette involution, coupe* $\mathcal{B}$ *en* A′, B′, C′, D′; *l'ensemble* $\alpha$, $\alpha'$ *fournit huit tétraèdres de l'espèce cherchée, et chaque point de* $\mathcal{B}$ *est sommet de quatre tels tétraèdres, ou encore le quatrième point où une face coupe* $\mathcal{B}$; *les huit points où* $Q_1$ *coupe* $\mathcal{B}$ *sont, par couples de deux, sur quatre génératrices de l'une des semi-quadriques* $Q_1$, *et en les combinant autrement, sur quatre génératrices de la semi-quadrique complémentaire.*

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 532.
(²) *Journal de Math.*, **12**, 1933, p. 309-336.

Si l'on associe à $Q_1$ une autre quadrique $Q'_1$ de même définition (et relative au même couple d'arêtes du tétraèdre conjugué commun), l'énoncé qui précède reste valable pour un plan $\alpha$ tangent à $Q_1$ et $Q'_1$ : on obtient alors $\infty^1$ tétraèdres inscrits dans $\mathcal{B}$, circonscrits à la développable $(Q_1, Q'_1)$, formant donc une configuration essentiellement distincte de celle du paragraphe 1; *les* 32 *intersections de* $\mathcal{B}$ *et la développable* $(Q_1, Q'_1)$ *sont cette fois répartis en* 16 *couples portés chacun par une génératrice de la développable*. Or, deux quelconques des tétraèdres appartenant à une telle série peuvent servir à définir une série $\infty^1$ du n° 1; (la valeur de $4a$ est alors $\omega$ ou $\omega'$, $\omega+\omega'$). *Pour qu'il n'y ait pas contradiction, il faut que les* 8 *faces de ces deux tétraèdres définissent non pas un faisceau tangentiel de* $\infty^1$ *quadratiques, mais un réseau tangentiel de* $\infty^2$ *quadriques* (les 8 sommets définissent d'ailleurs un réseau ponctuel de quadriques).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur certaines congruences de sphères.* Note de M. **R. Jacques**, présentée par M. Jules Drach.

Une famille de sphères $(\Sigma)$, dépendant de deux paramètres $u$, $v$ forme une *congruence* (¹) lorsque les coordonnées $x_1$, $x_2$, $x_3$ du centre et le rayon R fonctions de $u$ et de $v$ déterminent cinq quantités $X_1$, $X_2$, $X_3$, $X_4$, $X_5$ :

$$X_1=x_1,\quad X_2=x_2,\quad X_3=x_3,\quad X_4+iX_5=x_1^2+x_2^2+x_3^2-R^2,\quad X_4-iX_5=-1,$$

solutions d'une même équation de Laplace. Il est alors possible de faire correspondre aux coordonnées des sphères les paramètres directeurs $X_i$ d'une droite qui, dans un espace euclidien d'ordre 5, décrit aussi une congruence. Inversement, aux paramètres directeurs d'une telle droite correspond une congruence de sphères. La transformation de Laplace appliquée à la congruence permet ainsi de déduire d'une congruence de sphères d'autres congruences de sphères.

Je me propose ici d'indiquer quelques propriétés relatives aux *sphères de courbure* d'une surface S.

On voit qu'une sphère ayant pour centre le premier centre de courbure d'une surface S et tangente à la surface décrit une congruence. L'équation de Laplace à laquelle satisfont les quantités $X_i$ admet en outre la solu-

---

(¹) C. Guichard, *Ann. École Norm. sup.*, 30, 1903, p. 190. Les notations employées sont indiquées dans ce Mémoire.

tion $X_6 = iR$; on a donc

$$\sum_{i=1}^{i=6} X_i^2 = 0.$$

Les congruences déduites par la méthode de Laplace de la congruence précédente sont : *a.* la congruence de sphères formée par les sphères ayant pour centres les deuxièmes centres de courbure de la surface S et tangentes à cette surface; *b.* la congruence de sphères décrite par les sphères osculatrices à la deuxième famille de lignes de courbure de cette surface.

Dans ces conditions il est possible de faire correspondre aux sphères de courbure d'une surface les paramètres directeurs des tangentes à un réseau décrit dans un espace d'ordre 5 par un point de coordonnées $z_1$, $z_2$, ..., $z_5$. Si l'on désigne par $z_6$ la coordonnée relative aux rayons de courbure $R_1$, $R_2$ de S qui se correspondent dans la transformation de Laplace indiquée on voit que l'on a

$$\sum_{i=1}^{i=6}\left(\frac{\partial z_i}{\partial u}\right)^2 = 0, \qquad \sum_{i=1}^{i=6}\left(\frac{\partial z_i}{\partial v}\right)^2 = 0.$$

On obtient ainsi deux interprétations équivalentes des résultats :

*a.* le réseau décrit par le point de coordonnées $z_1$, ..., $z_6$ est un réseau N;

*b.* le réseau décrit par le point de coordonnées $z_1$, ..., $z_5$ est un réseau I.

Remarquons encore que dans un espace d'ordre 5, par orthogonalité des éléments, on fait correspondre à un réseau I une congruence I. Cette congruence est formée de sphères-points dont le centre décrit le réseau des lignes de courbure de S.

Parmi les problèmes qui se posent j'indiquerai le suivant :

*Est-il possible que d'une congruence de sphères de courbure d'une surface* S *on puisse déduire par la transformation de Laplace une congruence de sphères de courbure d'une autre surface* $S_1$ ?

Un cas particulier est celui où par la transformation de Laplace on peut déduire d'un réseau N un autre réseau N. Si l'on remarque que dans un espace euclidien d'ordre 6 un réseau N est orthogonal à lui-même, on en déduit que la suite de sphères est fermée. La solution a été donnée dans le cas où la suite se ferme après six transformations [1].

---

[1] C. GUICHARD, *Comptes rendus*, **156**, 1913, p. 748; voir aussi G. TZITZÉICA, *Géométrie différentielle projective des réseaux*, p. 273 et suiv.

Le cas général est celui du réseau I qui par la transformation de Laplace donne dans un espace d'ordre 5 un nouveau réseau I. Lorsque la transformation est obtenue après deux opérations, le problème est équivalent à celui dont la solution a été donnée par MM. Drach et Gambier (1). Il est possible de le rattacher également aux résultats obtenus par M. Guichard concernant les équations de Moutard liées par une relation quadratique.

Une transformation par orthogonalité montre que l'on doit déterminer une congruence d'un espace d'ordre 5 qui par la transformation de Laplace faite dans deux sens différents se transforme en deux congruences I.

Dans ces conditions (1) on est amené à déterminer cinq solutions d'une équation de Moutard

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial u\, \partial v} = M\theta$$

telles que l'on ait

$$\sum \theta^2 = 1, \qquad \sum \left(\frac{\partial \theta}{\partial u}\right)^2 = 0, \qquad \sum \left(\frac{\partial \theta}{\partial v}\right)^2 = 0,$$

Les paramètres $\partial\theta/\partial u$, $\partial\theta/\partial v$ définissent les coordonnées de deux familles de sphères-points dont les centres décrivent les réseaux formés par les lignes de courbure de deux surfaces.

## THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les ensembles ordonnés.* Note de M. GEORGES KUREPA, présentée par M. Hadamard.

E désignera un ensemble ordonné, $p$E sa puissance (2). Une suite bien ordonnée $S = \{V_\varphi\}$ des segments décroissants $V_\varphi$ de E est dite *fondamentale* si $p \prod_\varphi V_\varphi = 1$ ou 0; dans le premier cas on dit qu'elle *converge* vers le point $\Pi V_\varphi$ de E et dans le second cas elle est dite *divergente*. Deux suites fond. $S_1 = \{V_\varphi^1\}$, $S_2 = \{V_\varphi^2\}$ sont dites *équivalentes* si $V_\varphi^1 V_\psi^2 \neq 0$ pour tout couple $V_\varphi^1 \varepsilon S_1$, $V_\psi^2 \varepsilon S_2$. Appelons *faisceau* l'ensemble des suites fond. de E équivalentes entre elles et rangeons toutes les suites fond. de E en faisceaux; si maintenant $\Phi_1$, $\Phi_2$ sont deux faisceaux quelconques et $S_i \varepsilon \Phi_i$ $(i = 1, 2)$, $S_1$, $S_2$ étant deux suites fond. quelconques, alors il existe un couple de segments $V_\varphi^1 \varepsilon S_1$, $V_\psi^2 \varepsilon S_2$ tels que $V_\varphi^1 V_\psi^2 = 0$. Donc ou bien $V_\varphi^1 < V_\psi^2$, ou bien $V_\varphi^1 > V_\psi^2$.

(1) J. DRACH, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1057 et 1253; B. GAMBIER, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 928, et 196, 1933, p. 1275.

(2) Pour les termes employés et références, voir Note des *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 703.

Si l'on pose alors, respectivement, $\Phi_1 < \Phi_2$, $\Phi_1 > \Phi_2$, on s'assure que l'ensemble des faisceaux est *ordonné*; son ordre est tel que, si l'on remplace tout faisceau convergent $\Phi$ par le point correspondant $\Pi\Phi$ de E, le nouvel ordre de E ainsi obtenu coïncide avec son ancien ordre ([1]). Nous désignerons par $\widetilde{E}$ l'ensemble ainsi construit. Si l'on considère en outre des faisceaux de pseudo-segments de E, on obtient de la même façon un ensemble $\overline{E}$ bien déterminé par E.

Pour E donné, $m_1 E$ désignera la plus petite puissance telle qu'il existe un $F \subset E$ dense dans E et tel que $pF = m_1 E$; $m_2 E$ est la plus grande puissance telle qu'il existe une famille $\mathcal{F}$ de *segments* de E n'empiétant pas les uns sur les autres et telle que

$$p\mathcal{F} = m_2 E.$$

Par $m_3 E$ nous désignerons la plus petite puissance telle qu'il existe une *famille déterminante de voisinages de* E, cette famille ayant la puissance $m_3 E$ ([1]).

LEMME. — *a*. $E \subset \widetilde{E} \subset \overline{E}$; *b*. $\widetilde{E}$ et $\overline{E}$ sont sans lacunes; *c*. Si E est dense, $\widetilde{E}$ et $\overline{E}$ sont continus, et vice versa; *d*. Si E est sans lacunes, alors $\widetilde{E} \equiv E$, et vice versa; *e*. Si E est limité et sans lacunes, alors $\overline{E} \equiv E$, et vice versa.

Soient E un ensemble ordonné *continu*, F son sous-ensemble ayant le type topologique $\mathfrak{S} \equiv 1 + \lambda + 1$, alors $\widetilde{F} \equiv F$. Mais nous pouvons considérer la construction de $\widetilde{F}$ à partir de F comme étant plongée dans E et alors à tout faisceau $\Phi$ rel. F correspond un segment ou un pseudo-segment $E_a$ de E déterminé par $E_a = \Pi\Phi$ *rel.* E si $\Pi\Phi = a \varepsilon F$ *rel.* F (chacun des $E_a$ peut se composer uniquement de $a$). On obtient ainsi un *développement de* E *suivant* F et puis une suite bien ordonnée de développement. Donc

$$E = \sum_{F} E_{a_0}, \qquad E_{a_0} = \sum_{Fa_0} E_{a_0 a_1}, \qquad E_{a_0 a_1} = \sum_{Fa_0 a_1} E_{a_0 a_1 a_2}, \qquad \ldots$$

et

$$E_{a_0 a_1 \ldots a_\xi \ldots} = \prod_{\xi < \alpha} E_{a_0 a_1 \ldots a_\xi}$$

si $\alpha$ est de deuxième espèce; nous écrirons aussi

$$E_{[\alpha]} \equiv \prod_{\xi < \alpha} E_{a_0 a_1 \ldots a_\xi},$$

---

([1]) Si $a \varepsilon E$ est isolé bilatéralement, son faisceau lui est identique parce que toute suite fond. de segments qui converge vers $a$ se réduit à un seul terme (justement le point $a$).

donc

$$E_{[\alpha]}=\sum_{F_{[\alpha]}} E_{[\alpha]a_\alpha}, \qquad E_{[\alpha]a_\alpha}=\sum_{F_{[\alpha]a_\alpha}} E_{[\alpha]a_\alpha a_{\alpha+1}}, \qquad \ldots.$$

Les « arguments » $F$, $F_{a_0}$, $F_{a_0 a_1}$, ..., $F_{[\alpha]}$, ... sont des sous-ensembles des « termes » correspondants $E$, $E_{a_0}$, $E_{a_0 a_1}$, ..., $E_{[\alpha]}$, ... ayant le type $\vartheta$ ou $1$ suivant que les termes respectifs $E$, $E_{a_0}$, ... sont continus ou se réduisent à un point de $E$; les « indices » $a_0$, $a_1$, ..., $a_\alpha$, ... parcourent respectivement la suite $F$, $F_{a_0}$, ..., $F_{[\alpha]}$, .... Il existe un nombre $\beta$ de seconde espèce tel que $pE_{[\beta]}\equiv 1$ et à partir duquel, par conséquent, tout développement se réduit à une identité de la forme $E_x=\sum_{E_x} a$, $a$ parcourant $E_x$, celui-ci étant un « terme » quelconque du « rang » $>\beta$. Si nous écrivons

$$\sum_{FF_{a_0}} E_{a_0 a_1}=\sum_{F}\left(\sum_{F_{a_0}} E_{a_0 a_1}\right),$$

nous avons

$$E=\sum_{F} E_{a_0}=\sum_{FF_{a_0}} E_{a_0 a_1}=\sum_{FF_{a_0}F_{a_0 a_1}} E_{a_0 a_1 a_2}=\ldots=\sum_{[\alpha]} E_{[\alpha]}=\sum_{[\alpha]F_{[\alpha]}} E_{[\alpha]a_\alpha}$$
$$=\sum_{[\alpha]F_{[\alpha]}F_{[\alpha]a_\alpha}} E_{[\alpha]a_\alpha a_{\alpha+1}}=\ldots=\sum_{[\beta]} E_{[\beta]}.$$

Ces formules permettent de résoudre beaucoup de questions concernant la structure des ensembles ordonnés [1]. Désignons par $\Psi_1$ la famille des « termes effectifs » (qui ne se réduisent pas à un point) et par $\Psi_2$ la *famille déterminante de segments* (voisinages) des « arguments correspondants ». On peut démontrer que $p\Psi_2=\aleph_0 p\Psi_1$ et que $\Psi=\Psi_1+\Psi_2$ est une famille déterminante de E. D'autre part, on peut démontrer l'existence d'une famille $\Psi'_1\subset\Psi_1$ de termes *disjoints* telle que $p\Psi'_1=p\Psi_1$. Donc $m_2 E=m_3 E$ si E est continu. Cela nous permet d'énoncer le

Théorème. — *Pour tout ensemble ordonné* infini, *les puissances* $m_i E$ $(i=1, 2, 3)$ *sont telles que* $m_1 E\leqq m_2 E=m_3 E$; *si* E *est* dense, *alors* $m_1 E=m_2 E=m_3 E$. *L'inégalité* $m_1 E>m_2 E$ *est caractéristique pour les ensembles ordonnés* finis.

Le fait que $m_1 E=\aleph_0$ si E est continu et $m_2 E=\aleph_0$ constitue la solution d'un problème de Souslin [2]. L'inégalité $m_1 E\subset m_2 E$ peut avoir lieu pour toute puissance $m$

(1) Cf. E. W. Chittenden, *Rendiconti*, *Palermo*, 39, 1915, p. 81; P. Alexandroff, *Math. Ann.*, 36, 1927, p. 555; R. L. Moore, *Point Set Theory*, New York, 1932, Chap. V.

(2) Cf. W. Sierpinski, *Les nombres transfinis*, Paris, 1928, p. 153.

donnée. En effet, soit E un ensemble ordonné tel que $m_1 E \leqq m$ et $pE > m$ [1]; si nous désignons par G un couple *ordonné* $(u, v)$, les éléments $u, v$ n'appartenant pas à E, alors le produit $H = G \times E$ est tel que $m_1 H = m_1 E \leqq m$ et $m_2 H > m$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une nouvelle généralisation des questions relatives aux équations du type elliptique.* Note de M. **Georges Giraud.**

Il a déjà été prouvé que la théorie des équations du type elliptique

$$(1)\quad \mathcal{F}u = \Sigma_{\alpha,\beta} a_{\alpha,\beta} \frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha \partial x_\beta} + \Sigma_\alpha b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu = f \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, m;\ a_{1,1} > 0)$$

peut s'étendre à des cas où les fonctions $b_\alpha$, $c$ et $f$ ne sont pas bornées [2]; aux points où ces fonctions sont discontinues, l'équation est alors remplacée par de simples conditions de régularité imposées à $u$. On peut aller plus loin dans la même voie.

Supposons que la région où nous considérons l'équation contienne une variété $\mathfrak{M}$ à $m-1$ dimensions et une variété $\mathfrak{M}'$ à $m-2$ dimensions, remplissant les hypothèses suivantes : chacune peut être recouverte par un nombre fini de domaines, dans chacun desquels les coordonnées d'un point sont des fonctions de $m-1$ ou de $m-2$ paramètres à champ borné de variation; les dérivées de ces fonctions existent et remplissent des conditions de Hölder, et les jacobiens de ces coordonnées ne s'annulent simultanément nulle part. On désignera par $r$ et $r'$ les distances d'un point aux variétés $\mathfrak{M}$ et $\mathfrak{M}'$. Soit maintenant $\mathcal{D}$ un domaine (ensemble ouvert connexe) borné : on suppose que sa frontière $\mathcal{S}$ remplit les mêmes hypothèses que $\mathfrak{M}$, et en outre $\mathcal{S}$ n'a pas de point multiple. On suppose que les $a_{\alpha,\beta}$ remplissent dans $\mathcal{D}$ des conditions de Hölder; les $b_\alpha$ sont supposés continus en tout point de $\mathcal{D} + \mathcal{S} - \mathfrak{M}$, et ils valent $O(r^{k-1})$ $(k > 0$; O est le symbole de Landau); enfin on suppose que les fonctions $c$ et $f$ sont continues en tout point de $\mathcal{D} + \mathcal{S} - \mathfrak{M} - \mathfrak{M}'$, et elles valent $O(r^{k-1} + r'^{k-2})$. On dira que $u$ est, dans le domaine $\mathcal{D}$, une solution *régulière* de (1) si $u$ remplit les conditions suivantes : 1° continuité en tout point de $\mathcal{D}$; 2° continuité des dérivées

(1) L'existence de tels ensembles étant démontrée par M. W. Sierpinski, *Fund. Math.*, 3, 1922, p. 109.

(2) *Bull. Soc. math.*, 61, 1933, p. 1 à 54.

en tout point de $\mathcal{D}-\mathcal{M}'$; 3° équation (1), prise au sens généralisé ([1]), en tout point de $\mathcal{D}-\mathcal{M}-\mathcal{M}'$.

Soient $t_1, t_2, \ldots, t_{m-1}$ les paramètres à l'aide desquels s'expriment les coordonnées d'un point de $\mathcal{S}$, et soient $\psi_1, \psi_2, \ldots, \psi_{m-1}$ les composantes contravariantes d'un tenseur qui remplit une condition de Hölder. Soient encore $\psi$ et $\varphi$ deux fonctions d'un point de $\mathcal{S}$, continues en tout point de $\mathcal{S}-\mathcal{M}'$ et valant $O(r'^{k-1})$. Soient $y_1, y_2, \ldots, y_m$ les coordonnées d'un point Y de $\mathcal{S}-\mathcal{M}'$, et soit $Y_t$ un point qui a pour coordonnées des quantités $y_\alpha - t(\Sigma_\beta a_{\alpha,\beta}\varpi_\beta + \Sigma_\nu \psi_\nu \partial y_\alpha/\partial t_\nu) + O(t^{k+1})$ $(t>0$; les $\varpi_\alpha$ sont les cosinus directeurs de la normale extérieure). On pose

$$\Theta u = \lim_{t \to 0} \frac{u(Y)-u(Y_t)}{t} + \psi(Y)\,u(Y), \tag{2}$$

cette limite devant être indépendante des termes $O(t^{k+1})$. On impose alors à $u$, solution régulière de (1) dans $\mathcal{D}$, d'être continu dans $\mathcal{D}+\mathcal{S}$ et de satisfaire sur $\mathcal{S}-\mathcal{M}'$ à l'équation $\Theta u = \varphi$. Cette question se traite par les mêmes moyens que quand $\mathcal{M}'$ n'existe pas ([1]), et les résultats sont entièrement semblables; en particulier les conclusions relatives au cas où $c$ et $-\psi$ sont partout $\leqq 0$, sont les mêmes.

Si l'on donne sur $\mathcal{S}$ les valeurs $\varphi$, partout continues, de la fonction $u$, on a des conclusions analogues. On peut même supposer que la continuité de $\varphi$ n'a pas lieu sur $\mathcal{M}'$ et que $\varphi/\log r'$ tend vers zéro avec $r'$, ce qui s'écrit $\varphi = o(\log r')$; alors on exige $u = o(\log r')$.

Dans les deux sortes de problèmes, on peut envisager des variétés $\mathcal{M}_n$ à $n$ dimensions $(n \leqq m-3)$, analogues à $\mathcal{M}$ et à $\mathcal{M}'$. Si $r_n(X)$ est la distance de X à $\mathcal{M}_n$, on peut ne plus exiger que $u$ soit continu sur $\mathcal{M}'+\Sigma\mathcal{M}_n$, à condition de lui imposer la condition $u = o(-\log r' + \Sigma r_n^{n+2-m})$; ces conditions, en apparence plus générales que celles qu'on envisageait d'abord, ne confèrent aucune nouvelle solution aux problèmes étudiés. On peut en profiter pour atteindre des cas où $f$ et $\varphi$ auraient certaines discontinuités sur les variétés introduites; par exemple on peut supposer

$$f = O(r^{k-1} + r'^{k-2} + \Sigma r_n^{n+k-m}).$$

---

([1]) *Bull. Soc. math.*, 56, 1932, p. 248 à 272, 281 à 312, 316 à 352, et *Errata*, p. 384; spécialement Chap. I.

([2]) Le cas où les $\psi_\nu$ ne sont pas identiquement nuls est traité dans deux articles, non encore parus, par un procédé qui utilise une généralisation des intégrales principales de Cauchy; les résultats sont semblables à ceux qui concernent le problème généralisé de Neumann. Voir *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 454 à 456.

La notion de solution élémentaire principale s'étend aux opérations $\mathcal{F}$ actuelles. Soit $G(X, \Xi)$ la solution élémentaire principale pour une telle opération $\mathcal{F}$ (ce qui implique que, hors d'un domaine borné, $c$ est inférieur à un nombre négatif fixe); soit encore $\chi(X)$ une fonction valant $O(r^{k-1} + r'^{k-2})$ au voisinage de $\mathfrak{M} + \mathfrak{M}'$, continue hors de ces variétés et nulle à l'infini. On démontre que les trois théorèmes fondamentaux de Fredholm sont valables pour l'équation

$$(3) \qquad \rho(X) - \lambda\chi(X)\int_{\text{espace}}^{(m)} G(X, A)\rho(A)\,dV_A = f(X),$$

pourvu que les fonctions $\rho$ et $f$ soient astreintes à s'annuler à l'infini. On trouve ainsi les solutions nulles à l'infini, de l'équation

$$(4) \qquad \mathcal{F}u + \lambda\chi u = f.$$

Si l'opération $\mathcal{F}$ est identique à son adjointe, G est symétrique, et l'on démontre que, si $c$ ou $\chi$ sont de signe constant, il y a une infinité de valeurs propres (valeurs de $\lambda$ pour lesquelles le problème homogène a une solution non identiquement nulle). Les hypothèses ici étudiées se rencontrent dans certaines théories physiques; l'équation $\Delta u - u + \lambda u/r = 0$ ($\Delta$ est le laplacien et $r$ est la distance à l'origine dans l'espace à trois dimensions) peut se ramener à l'équation célèbre étudiée par M. Schrödinger.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés extrémales des polynomes*. Note [1] de M. **J. Geronimus**, présentée par M. Hadamard.

Nous considérons le problème suivant :

*Étant donnés des nombres réels $a_0, a_1, \ldots, a_s$, trouver les valeurs extrémales de l'expression linéaire*

$$(1) \qquad \omega(\mathfrak{P}) = a_0A_0 + a_1A_1 + \ldots + a_sA_s,$$

*dépendant des coefficients d'un polynome*

$$\mathfrak{P}(x) = A_0x^n + A_1x^{n-1} + \ldots + A_n$$

*de degré $\leqq n$ soumis à la condition*

$$(2) \qquad \mathfrak{L}(\mathfrak{P}) = \int_{-1}^{1} |\mathfrak{P}(x)|\,dx = 1.$$

(1) Séance du 26 février 1934.

Dans le cas où $s \leqq [n/2]$ on trouve

$$|\omega(\mathfrak{T})| \leqq \frac{1}{2} \mathcal{L}(\mathfrak{T}) |\mu_0|, \tag{3}$$

où $\mu_0$ est la racine de plus grand module de l'équation séculaire

$$\begin{vmatrix} b_0-\mu & b_1 & b_2 & \ldots & b_{s-1} & b_s \\ b_1 & b_2-\mu & b_3 & \ldots & b_s & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ b_{s-1} & b_s & 0 & \ldots & -\mu & 0 \\ b_s & 0 & 0 & \ldots & 0 & -\mu \end{vmatrix} = 0. \tag{4}$$

Les nombres $b_k$ sont donnés par la formule

$$b_k = \sum_{r=0}^{\left[\frac{s-k}{2}\right]} 2^{n-k-2r} \binom{-n+k+2r-1}{r} a_{k+2r} \qquad (k=0, 1, 2, \ldots, s). \tag{5}$$

Le polynome $\overline{\mathfrak{T}}(x)$ réalisant ce maximum est donné par la formule

$$\overline{\mathfrak{T}}(x) = \sum_{i=0}^{s} \sum_{k=0}^{s} \alpha_i \alpha_k \mathfrak{U}_{n-i-k}(x). \tag{6}$$

$$\mathfrak{U}_\nu(x) = \frac{\sin(\nu+1)\varphi}{\sin\varphi}, \qquad \varphi = \arccos x \qquad (\nu = 0, 1, 2, \ldots)$$

et $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_s$ sont les coefficients du polynome

$$q(z) = \alpha_0 z^s + \alpha_1 z^{s-1} + \ldots + \alpha_s, \tag{7}$$

défini, à un facteur constant près, par la formule

$$q(z) = \begin{vmatrix} b_0-\mu_0 & b_1 & b_2 & \ldots & b_{s-1} & b_s \\ b_1 & b_2-\mu_0 & b_3 & \ldots & b_s & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ b_{s-1} & b_s & 0 & \ldots & -\mu_0 & 0 \\ z^s & z^{s-1} & z^{s-2} & \ldots & z & 1 \end{vmatrix}. \tag{8}$$

Si $\mu_0$ est la seule racine de module $|\mu_0|$ de l'équation (4), le polynome $\overline{\mathfrak{T}}(x)$ réalisant le maximum est de degré $n$ et change de signe $n$ fois à l'intérieur de l'intervalle $(-1, +1)$; si $\sigma$ racines de (4) ont le même module $|\mu_0|$, le polynome $\overline{\mathfrak{T}}(x)$ est de degré $n-\sigma+1$.

En particulier, les valeurs extrémales d'un coefficient peuvent être

trouvées par l'équation plus simple

$$(9)\qquad \begin{vmatrix} b_0-\mu & b_2 & b_4 & \dots & b_{s-2} & b_s \\ b_2 & b_4-\mu & b_6 & \dots & b_s & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_s & 0 & 0 & \dots & 0 & -\mu \end{vmatrix} = 0,$$

dans le cas où $s$ est pair; on a

$$(10)\qquad \left\{ \begin{aligned} &\frac{b_{2k}}{b_0} = (-1)^k \binom{\frac{s}{2}}{k} : \binom{n-\frac{s}{2}}{k} \qquad \left(k=1, 2, \dots, \frac{s}{2}\right); \\ &b_0 = 2^{n-s} \binom{-n+s-1}{\frac{s}{2}}. \end{aligned} \right.$$

Pour $s$ impair, la réponse est la même : il faut seulement remplacer $n$ par $n-1$.

En particulier, pour chaque polynome satisfaisant à (2), on a les inégalités suivantes :

$$(11)\qquad \left\{ \begin{aligned} &|A_0| \leqq 2^{n-1}, \qquad |A_1| \leqq 2^{n-2}, \\ &|A_2| \leqq 2^{n-4}\{n-1+\sqrt{n^2-2n+5}\}, \qquad |A_3| \leqq 2^{n-5}\{n-2+\sqrt{n^2-4n+8}\} \\ &|a_0A_0+a_1A_1| \leqq 2^{n-2}\{|a_0|+\sqrt{a_0^2+a_1^2}\}, \qquad \dots \end{aligned} \right.$$

Si $n$ augmente indéfiniment tandis que $s$ reste fini, nous obtenons (en supposant que $a_0, a_1, \dots, a_3$ sont de même ordre)

$$(12)\qquad \left\{ \begin{aligned} &\left|\sum_{r=0}^{s} a_r A_r\right| \leqq \frac{2^{n-s-1} n^{\frac{s}{2}}}{\left(\frac{s}{2}\right)!} |a_s| \qquad (s \text{ — pair}), \\ &\left|\sum_{r=0}^{s} a_r A_r\right| \leqq \frac{2^{n-s-1} n^{\frac{s-1}{2}}}{\left(\frac{s-1}{2}\right)!} \{|a_{s-1}|+\sqrt{a_{s-1}^2+a_s^2}\} \qquad (s \text{ — impair}). \end{aligned} \right.$$

En particulier, les valeurs extrémales des coefficients sont

$$(13)\qquad |A_s| \leqq \frac{2^{n-s-1} n^i}{i!}, \qquad i = \left[\frac{s}{2}\right].$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros et les pôles d'une fonction méromorphe dans un secteur.* Note de M. **Soula**, présentée par M. Hadamard.

Soit une fonction $f(z)$ de la variable $z = re^{i\theta}$ méromorphe à l'intérieur du domaine $r_0 < r$, $-\alpha < \theta < \alpha$ et sur son contour sauf, éventuellement, à l'infini. Les zéros seront désignés par $a_p e^{i\alpha_p}$ et les pôles par $b_q e^{i\beta_q}$. On a

$$\begin{aligned}\sum\left(\frac{1}{a_p}-\frac{1}{\rho}\right)(\cos\alpha_p-\cos\alpha)-\sum\left(\frac{1}{b_q}-\frac{1}{\rho}\right)(\cos\beta_q-\cos\alpha)\\ =\frac{1}{2\pi}\int_{r_0}^{\rho}\int_{-\alpha}^{\alpha}\log|f(z)|\left[\frac{\cos\theta}{\rho}-\frac{\cos\alpha}{r}\right]\frac{d\theta\,dr}{r}\\ +\frac{\sin\alpha}{2\pi}\int_{r_0}^{\rho}\log[|f(re^{i\alpha})|f(re^{-i\alpha})|]\frac{1}{r}\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{\rho}\right)dr\\ +\frac{1}{2\pi\rho}\int_{-\alpha}^{\alpha}\log|f(\rho e^{i\theta})|(\cos\theta-\cos\alpha)\,d\theta+\frac{A}{\rho}+B,\end{aligned}$$

A et B ne dépendant pas de $\rho$; les sommes du premier membre sont étendues aux zéros et aux pôles du domaine $r_0 < r < \rho$, $|\theta| < \alpha$.

Cette équation est analogue à celles que l'on trouve dans la troisième partie du Mémoire bien connu de MM. F. et R. Nevanlinna [1]; elle s'obtient par leur méthode. Dans les formules de MM. Nevanlinna, l'ouverture de l'angle $\pi/2k$ est en relation avec la fonction $1/r^k \cos k\theta$ qui, au premier membre, sert à évaluer l'éloignement des zéros et des pôles. L'équation ci-dessus, au contraire, s'applique quel que soit $\alpha$. Elle contient au deuxième membre le terme $-\cos\alpha/r^2 \log|f(z)|$ qui prend des valeurs très grandes positives si $\alpha$ est aigu et si $|f|$ est voisin de zéro et ce terme fait intervenir la décroissance des fonctions.

Voici une application obtenue en utilisant un changement de variable simple : Si $f(z)$ est holomorphe et vérifie dans l'angle $-\alpha < \theta < \alpha$ et sur ses côtés l'inégalité $|f| < e^{r^n\eta(r)}$, $\eta(r)$ étant une fonction positive telle que l'intégrale $\int^{\infty} \eta(r)/r$ converge, si la valeur moyenne $\omega(r) = \int_{-\alpha}^{\alpha} \log|f(re^{i\theta})|\,d\theta$ est telle que $\int_{r_0}^{\rho} \omega(r)/r^{n+1}\,dr$ ne tende pas vers $-\infty$ quand $\rho$ croît indéfiniment, la série $\sum \frac{\cos n\alpha_p - \cos n\alpha}{a_p^n}$ converge. Il n'y a pas intérêt à appliquer

(1) *Acta Societatis Scientiarum Fennicae*, 58, v, 1922, p. 36.

ce théorème quand $\alpha \geqq \pi/2k$ : dans cette hypothèse, les théorèmes de MM. Nevanlinna sont plus simples, la décroissance n'intervenant pas.

Signalons encore le cas de fonctions holomorphes dans l'angle, d'ordre 1 et de type moyen, c'est-à-dire de fonctions qui vérifient $|f(z)| < e^{Ar}$. Supposons, en particulier, que l'on ait $\log|f(re^{i\alpha})||f(re^{-i\alpha})| < ar \leqq 2Ar$ et que la décroissance de la valeur moyenne soit limitée par $\omega(r) > -br$; on peut alors écrire

$$\sum_{r_0<r<\rho}\left(\frac{1}{a_n}-\frac{1}{\rho}\right)(\cos\alpha_n-\cos\alpha) < \frac{a\sin\alpha+b\cos\alpha}{2\pi}\log\rho + \text{const.},$$

inégalité qui présente des analogies avec d'autres conditions relatives aux zéros d'une fonction d'ordre 1 et de type moyen dans un angle (¹).

MÉCANIQUE. — *Sur les centres de gravité des corps finis homogènes.* Note de M. P. **Vincensini**, présentée par M. Hadamard.

1. MM. Levi-Cività (²) et Tricomi (³) ont attiré l'attention sur l'ensemble constitué par les centres de gravité des $\infty^3$ sections planes d'un corps fini homogène S.

M. Levi-Cività s'est surtout occupé des *directrices orthobariques* de S (courbes telles que les sections de S par les plans normaux en leurs différents points admettent ces points pour centres de gravité). M. Tricomi a principalement étudié la distribution des centres de gravité. Il a montré que si S est fini et si les coordonnées du centre de gravité de la section de S par un plan $\omega$ sont des fonctions continues des coordonnées de $\omega$ (sauf peut-être pour les plans $\omega$ d'un ensemble discret exceptionnel), l'ensemble $\Gamma$ des centres de gravité est une variété à *trois dimensions* (S est *barostérique* au sens de M. Levi-Cività).

Si S est convexe (et s'il n'y a pas de variété exceptionnelle), $\Gamma$ coïncide avec S; si S est connexe, M. Ascoli a fait remarquer que $\Gamma$ coïncide avec le plus petit corps convexe contenant S.

Dans cette Note, je présente quelques résultats relatifs au cheminement des directrices orthobariques à travers $\Gamma$, aux points *singuliers* de $\Gamma$ ou aux

(¹) *Annales de l'École Normale supérieure*, **44**, 1927, p. 107 et suiv.
(²) *Rendiconti dei Lincei*, 6ᵉ série, **12**, 1930, p. 535.
(³) *Ibid.*, 6ᵉ série, **7**, 1931, p. 407.

ensembles $\Gamma$, $\Gamma'$ associés à deux corps distincts. Les corps sur lesquels nous raisonnerons seront des corps connexes, pourvus de la condition de continuité indiquée par M. Tricomi.

2. Soit G un point quelconque de l'ensemble à trois dimensions $\Gamma$ des centres de gravité de S; $\omega$ étant un plan orienté quelconque passant par G et coupant S suivant $s$, portons sur la normale positive en G à $\omega$ une longueur GP égale à la distance du point G au centre de gravité de $s$. Lorsque $\omega$ tourne autour de G, P décrit une surface $\Sigma$ que nous appellerons l'*indicatrice des distances relative au point* G (ou simplement l'indicatrice en G).

G appartenant à $\Gamma$, il existe au moins un plan $\omega$ donnant G comme centre de gravité. $\Sigma$ (symétrique par rapport à G) passe par G et admet G comme point multiple; le cône des tangentes en G peut, soit comprendre plusieurs droites ou même une infinité disposées suivant les génératrices de un ou plusieurs cônes, soit se réduire à *une seule* droite. Dans le premier cas nous dirons que G est *un point singulier* de $\Gamma$; dans le deuxième cas G est un point ordinaire.

J'ai montré que les points singuliers de $\Gamma$ *peuvent tout au plus former un ensemble à deux dimensions intérieur à* $\Gamma$. La démonstration consiste à supposer que les points singuliers remplissent un domaine $\Delta$ à trois dimensions, à définir par continuité en chaque point G de $\Delta$ un angle $\Theta$ formé par deux droites distinctes du cône des tangentes à $\Sigma$, et à montrer que l'existence de $\Delta$ entraîne la possibilité d'approcher indéfiniment l'angle $\Theta$ (supposé non nul) relatif à un point du domaine par une suite d'angles aussi petits que l'on veut; l'inexistence de $\Delta$ en résulte.

En un point ordinaire de $\Gamma$ l'indicatrice $\Sigma$ est topologiquement équivalente à un tore de cercle de gorge intérieur *nul* (c'est un tore si S est une sphère). A chaque point G de $\Gamma$ (sauf aux points singuliers éventuels) on peut donc associer une direction déterminée, celle de la tangente en G à $\Sigma$, et les directrices orthobariques sont les courbes tangentes en chacun de leurs points à la direction correspondante. Ces courbes cheminent à l'intérieur du corps convexe $\Gamma$ et *abordent orthogonalement sa frontière en deux points distincts*.

3. Envisageons deux corps distincts S et S'; supposons qu'il existe à l'intérienr des ensembles $\Gamma$ et $\Gamma'$ attachés à S et S' deux continus C et C' tels que la coïncidence de C et C' entraîne celle des indicatrices homologues. Si l'on suppose la coïncidence réalisée et si l'on coupe S et S' par les $\infty^3$ plans sécants à C et C', on constate sans peine que les sections ont *même centre de*

*gravité.* La continuité admise au n° 1 entraîne alors *en général l'identité* de S et S'. Il y a une exception : S et S' peuvent être *deux ellipsoïdes homothétiques.* Cette exception mise à part, ou peut dire que la connaissance des indicatrices d'un corps le long d'un continu quelconque entraîne la connaissance du corps.

4. On déduit du n° 2 qu'étant donné un point O, on ne peut pas, en général, trouver un plan ω issu de O déterminant dans deux corps donnés S et S' des sections admettant O pour centre de gravité commun. Pour que ω existe, il faut que O appartienne à un certain ensemble $\mathcal{E}$, à deux dimensions au plus, intérieur au produit des deux ensembles Γ et Γ' attachés à S et S'. On démontre que si le produit existe effectivement, *$\mathcal{E}$ existe toujours.*

5. Les conclusions qui précèdent subsistent si, au centre de gravité G, on substitue tout autre point, défini à l'intérieur du plus petit corps convexe Γ contenant S par des coordonnées fonctions continues de celles du plan ω. On peut en particulier considérer le centre de gravité du *périmètre* (homogène) de la section de S par ω. Les indicatrices Σ doivent alors être remplacées par de nouvelles indicatrices Σ', elles aussi topologiquement équivalentes à un tore. Les tangentes à Σ et Σ' en un même point O de Γ sont généralement distinctes, mais il existe un ensemble (à deux dimensions au plus) intérieur à Γ *en chaque point duquel ces tangentes sont confondues;* de sorte qu'on peut toujours *trouver des plans coupant* S *suivant des sections pour lesquelles le centre de gravité du périmètre et de la surface sont confondus.*

S'il existe dans Γ un point O tel que tout plan ω passant par O coupe S en donnant O pour centre de gravité (il ne peut y avoir plus d'un de ces points), on peut montrer que toutes les directrices orthobariques *passent par* O, qui est aussi centre de gravité des périmètres des différentes sections en même temps que centre de symétrie de S.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le déplacement de l'eau au cours des explosions sous-marines.* Note [1] de M. **J. Ottenheimer**, présentée par M. E. Jouguet.

Dans une Note antérieure [2], nous avons donné la courbe du déplacement, en fonction du temps, de la surface de séparation de l'eau et des

(1) Séance du 26 février 1934.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 203.

gaz dans une explosion sous-marine, pour une charge de $100^g$ d'explosif.

Nous avions noté trois ondulations, la deuxième ayant une amplitude notablement supérieure à la première et surtout à la troisième. Nous avions montré que les époques de production des divers phénomènes étaient en accord avec des résultats trouvés antérieurement avec des charges de $129^{kg}$ de mélinite.

Le dispositif adopté pour ces essais comportait une cause de perturbations, un flotteur massif en bois immergé verticalement à $0^m,50$ environ du centre d'explosion; l'amplitude du mouvement étudié étant de l'ordre de $0^m,40$, il pouvait se produire des réflexions sur le flotteur susceptibles de troubler le développement du phénomène en eau libre. En outre, la présence de cet obstacle, sans créer de réflexion, devait s'opposer à la détente des gaz dans la direction correspondante.

Pour élucider cette question, nous avons repris l'expérience en évitant cette cause d'erreurs. L'appareillage et la méthode étaient ceux décrits dans la Note rappelée ci-dessus. Toutefois, nous avons porté la longueur des tiges métalliques isolées à leur extrémité à $3^m,50$, distance de l'ordre de grandeur de la distance de la charge à la surface libre et au fond. L'expérience ainsi conduite peut être considérée comme effectuée en milieu indéfini.

Le graphique de la figure 1 représente l'enregistrement du passage des

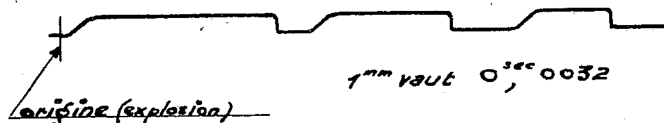



Fig. 1.

fronts des gaz à $68^{mm}$ du centre d'explosion. Un crochet correspond dans un sens à la rupture, dans l'autre sens au rétablissement du courant. Les époques correspondantes sont :

A la rupture (passage du front en éloignement), 0,002 seconde, 0,106 seconde, 0,193 seconde.

Au rétablissement (passage du front en rapprochement), 0,082 seconde, 0,165 seconde, 0,228 seconde.

Ces époques sont nettement plus longues que celles indiquées antérieurement (variant de 0,02 seconde à 0,170 seconde). En outre, la première onde est beaucoup plus étalée qu'en 1932, la deuxième beaucoup moins. La courbe du déplacement a donc l'allure de la figure 2 qui représente un

mouvement oscillatoire amorti. On voit nettement sur la figure 1 que pour les trois ondulations, la rupture est relativement lente et au contraire le rétablissement du courant très brusque, ainsi que le tracé de la figure 2 peut le faire prévoir.

Le schéma du phénomène peut donc être représenté comme suit. Les gaz de l'explosion, à haute température et forte pression, compriment relativement lentement une masse d'eau ayant un très petit coefficient de compressibilité, pratiquement un ressort très raide. Lorsque la pression des gaz tombe, du fait de la détente, au-dessous d'une certaine valeur, l'eau réagit et comprime très brusquement les gaz (ressort très souple); la position d'équilibre est dépassée, de telle sorte que le phénomène de compression de l'eau, puis des gaz, se reproduit une ou deux fois (sans doute davantage pour de plus grosses charges). En même temps les gaz pénètrent peu à peu dans l'eau, la surface de séparation leur étant facilement perméable, d'où un amortissement puissant.

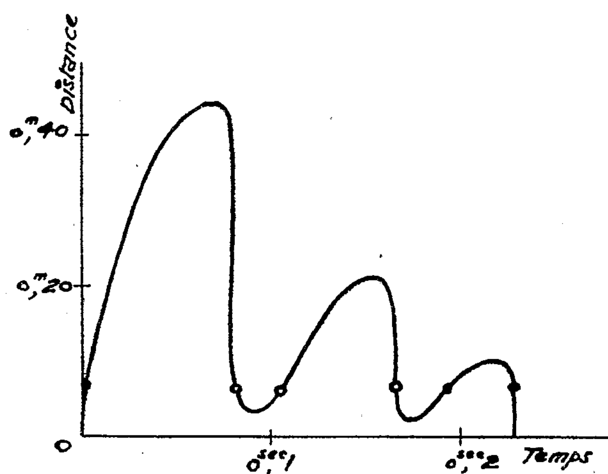


Fig. 2.

L'accord, signalé en 1932, des époques des diverses compressions pour les charges de 100g et de 129kg est sans doute purement fortuit et dû à la proximité du fond pour les grosses charges, jouant le rôle du flotteur pour la petite, les diverses distances étant entre elles très approximativement dans le rapport de similitude mécanique.

D'expériences analogues en cours, il résulte que les époques de production des ondes successives en eau libre croissent en même temps que la charge, ce qui est en accord avec le schéma que nous indiquons.

En présence d'un obstacle, le phénomène change d'allure, quant aux amplitudes et aux temps, mais son allure générale reste oscillatoire. La connaissance de l'effet de l'obstacle est essentielle pour l'étude de l'action de l'explosion sur une coque et pour la protection des navires contre les explosions.

Accessoirement, nous avons pu vérifier que de longues tiges d'acier minces, fixes à une extrémité, placées près de la charge, sont déformées par l'explosion, l'extrémité de la tige étant entraînée jusqu'à la limite atteinte par le front des gaz.

Si des expériences ultérieures vérifient cette conclusion, on en déduirait un moyen extrêmement simple pour déterminer les dimensions maxima du volume gazeux produit par l'explosion de grosses charges.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Application des interférences à l'étude de la répartition des pressions et des vitesses autour d'une aile d'avion.* Note [1] de M. **J. Dupuy**, présentée par M. Henri Villat.

Pour éviter les perturbations qu'un instrument de mesure peut apporter dans les écoulements où on l'introduit, plusieurs auteurs ont essayé d'étudier l'écoulement par voie optique. Récemment, Tremblot [2] a examiné par voie interférentielle l'écoulement dans une tuyère, autour d'un Pitot, etc.; il a indiqué et réalisé sur de petites dimensions un interféromètre particuliérement approprié à l'étude des surfaces sustentatrices. J'ai entrepris d'appliquer systématiquement cette méthode, sur une échelle plus grande, à l'étude des profils sustentateurs pour des vitesses voisines de la célérité du son.

Une aile cylindrique de $60^{mm}$ de corde est placée entre deux glaces normales à ses génératrices, distantes de $40^{mm}$ et constituant deux parois opposées d'un tunnel aérodynamique à section rectangulaire. On obtient un écoulement plan, la densité de l'air étant uniforme tout le long d'un rayon lumineux parallèle aux génératrices. La constance des chemins optiques à l'extérieur de la soufflerie est assurée par une ventilation vigoureuse égalisant la température de l'air.

---

(1) Séance du 19 février 1934.

(2) *Publications scientifiques du Ministère de l'Air*, n° 10. Éditeurs : Blondel La Rougerie; Gauthier-Villars, 1933, Paris.

Le fonctionnement d'une soufflerie ne pouvant être exempt de vibrations, l'interféromètre doit être de grandes dimensions (diamètre des lames $160^{mm}$) et à réglage très stable : une modification légère du montage classique des lames de Jamin offre une solution simple et économique : un objectif, placé à la sortie de l'interféromètre, donne d'une source ponctuelle dichromatique placée à quelques mètres une série d'images due aux réflexions successives sur les faces des lames. Un diaphragme ne conserve que deux images donnant chacune un système de franges excellentes : un système photographié directement donne les franges classiques en lumière dichromatique et permet par l'aspect de celles-ci leur numérotage rapide; l'autre, rendue monochromatique par passage à travers un filtre convenable, fournit les franges sur lesquelles s'effectueront les mesures.

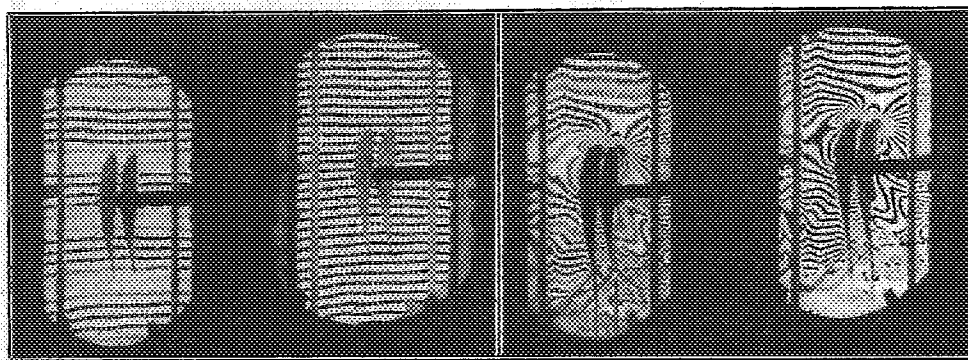


Fig. 1. Fig. 2.

L'interféromètre différentiel donne la différence de deux chemins optiques distants d'environ $10^{mm}$, ce qui permet de constituer les fenêtres du tunnel par de la glace du commerce. Des cavités pratiquées dans les parois normales aux génératrices et maintenues à la pression atmosphérique donnent la densité initiale, et l'on obtient de proche en proche la densité de l'air en chaque point.

Une source lumineuse, dichromatique, ponctuelle et à grande brillance est réalisée par la décharge d'un condensateur entre pointes de magnésium. On élimine : *a*. le spectre de l'air, par une self en série sur l'arc et en rapprochant les électrodes; *b*. le spectre continu de la magnésie, en opérant rapidement et avec des électrodes bien décapées. Les plaques utilisées n'étant sensibles qu'au delà du vert ne sont impressionnées que par les raies 4481 Å et 3830 Å; on réalise ainsi une lumière dichromatique; le

filtre BG3 d'Iéna ne laisse passer que la raie 3830 Å et fournit la lumière monochromatique.

Les écoulements ont permis de mesurer à 1/3 de frange près des dépla-

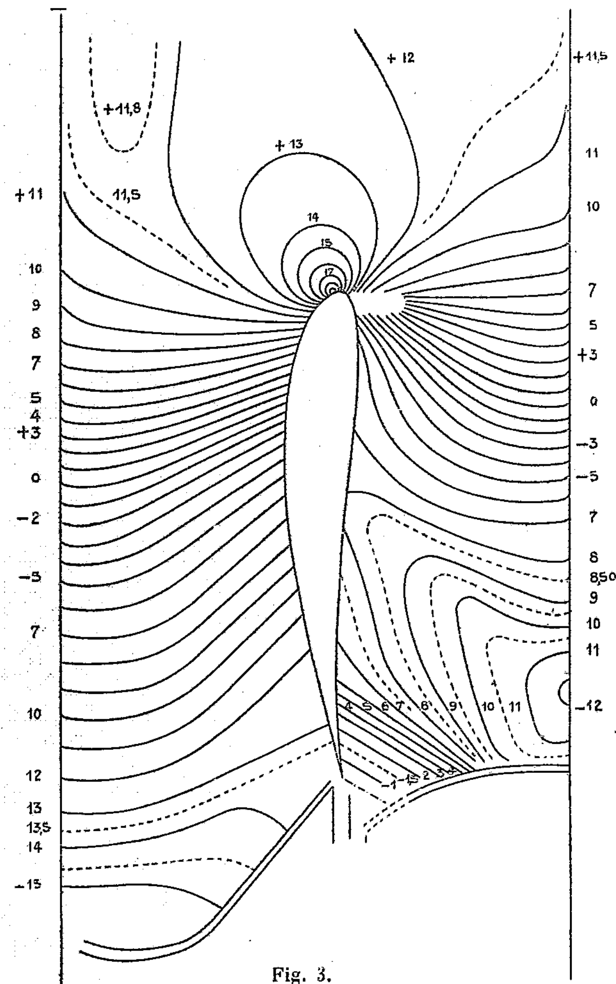


Fig. 3.

cements atteignant 35 franges. Les clichés ci-dessus montrent les franges : 1° au repos (*fig.* 1); 2° en marche (*fig.* 2), et la réduction correspondante (*fig.* 3) qui permet de conclure à une portance négative de $-1^{kg},075$, et à une circulation des vitesses de $-0,166$ m²/s, calculées dans l'hypothèse d'une détente adiabatique.

AÉRODYNAMIQUE. — *Échauffement par frottement d'un corps en déplacement rapide dans le gaz carbonique.* Note de M. **Edmond Brun**, présentée par M. Ch. Fabry.

Pour éliminer l'influence du profil du corps et ne mesurer que l'échauffement dû au frottement, nous utilisons le dispositif déjà décrit ([1]) qui consiste à sertir de petites plaques métalliques une paroi d'une boîte fermée, en contreplaqué, ayant la forme extérieure d'un disque d'un mètre de diamètre. Un thermocouple permet de mesurer, par une méthode de compensation, l'écart de température entre deux petites plaques situées à des distances différentes de l'axe, et, par conséquent, animées, lors de la rotation du disque, de vitesses différentes. Cette mesure différentielle permet de trouver la loi de l'échauffement $\theta$ en fonction de la vitesse $v$. On trouvera, dans les Notes citées, des détails sur le dispositif et les mesures.

En répétant les expériences à l'air libre, nous avons trouvé un échauffement de 2°,7 pour une vitesse de 75 m/s. Avec le dispositif à soudures massives, utilisé pour la mesure du coefficient d'échange thermique ([2]), le même échauffement ne pouvait être obtenu qu'avec une vitesse de 80 m/s. Nous reviendrons, dans une Note ultérieure, sur ce désaccord assez important. Quoi qu'il en soit, avec le dispositif utilisé, et pour des vitesses comprises entre 50 m/s et 75 m/s, nous vérifions, avec la précision déjà obtenue de 2 à 3 pour 100, la loi

$$\theta = 4,8.10^{-8} v^2 \qquad \text{où } v \text{ est en cm/s.}$$

Nous avons placé ensuite le disque dans une grande caisse en cuivre, de 3$^{m^3}$ environ. L'arbre de rotation, monté sur deux paliers (l'un à l'intérieur, l'autre à l'extérieur de la caisse), traversait la paroi dans un presse-étoupe; il était réuni au moteur électrique (4 CV) par un accouplement élastique. Les résultats obtenus, avec le disque tournant dans la caisse fermée et pleine d'air, sont les mêmes que dans la rotation à l'air libre. On a là une preuve que la couche limite, dans laquelle le phénomène thermique est localisé, ne dépend guère des bornes de l'atmosphère. Ce résultat est à rapprocher de celui de M. Riabouchinsky concernant la résistance d'un disque tournant dans l'eau ([3]) : cette résistance est indépendante de la

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 594; **195**, 1932, p. 302; **196**, 1933, p. 1960.

([2]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 302.

([3]) *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, 5, 1914, p. 1.

profondeur d'immersion du disque; elle est même moitié si une seule face du disque plonge dans l'eau.

Enfin, ayant remplacé, par déplacement, la plus grande partie de l'air de la caisse par du gaz carbonique, nous avons fait tourner le disque dans une atmosphère renfermant de 90 à 95 pour 100 de ce gaz. L'analyse du mélange gazeux était effectuée après chaque expérience. Comme le montrent les résultats expérimentaux et théoriques, tant qu'il y a au moins 90 pour 100 de gaz carbonique dans le mélange, le terme correctif pour passer du mélange au gaz pur est inférieur à 4 pour 100, de sorte qu'une évaluation théorique, même grossière, de la correction permet d'extrapoler les résultats au cas du gaz carbonique pur et l'on a, sensiblement avec la même précision que dans le cas de l'air, pour la loi d'échauffement dans le gaz carbonique :

$$\theta = 5,9 \times 10^{-8} v^2.$$

Pour une même vitesse, l'échauffement dans le gaz carbonique est donc 5,9/4,8, soit 1,23 fois plus grand que dans l'air.

Nous avons établi (¹), avec M. Vernotte, par des considérations purement théoriques, la formule

$$\theta = \frac{1}{2} \frac{\eta}{k} v^2 = \frac{1}{2} \frac{v^2}{Bc},$$

où $\eta$ est la viscosité du gaz, $k$ sa conductivité thermique, $c$ sa chaleur spécifique à volume constant, B un coefficient dépendant surtout de l'atomicité ($c$ et $k$ évalués en unités mécaniques). Étant donné le peu de concordance des diverses mesures de $k$, surtout dans le cas du gaz carbonique, on ne peut connaître la valeur du rapport $\eta/k$ avec une bonne approximation. Les valeurs moyennes de $\eta$ et de $k$ conduisent aux résultats théoriques suivants :

Pour l'air............................ $\theta = 3,7 . 10^{-8} v^2$
Pour le gaz carbonique................ $\theta = 4,9 . 10^{-8} v^2$

Par une même vitesse, le rapport des échauffements théoriques est, par suite, 4,9/3,7, soit 1,32.

Si l'on oppose la simplicité des considérations qui ont conduit à la formule théorique précédente à la complexité, certainement très grande, des phénomènes qui se produisent dans la couche limite, on peut considérer comme satisfaisante la comparaison des résultats expérimentaux et théoriques.

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 594.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une inégalité à très longue période du moyen mouvement de Pluton due à l'action d'Uranus.* Note (¹) de M. **Henri Roure**, présentée par Ernest Esclangon.

Entre le moyen mouvement annuel de Pluton $n' = 5207'',9$ (²) et celui d'Uranus $n = 15424'',8$ il existe la relation

$$3n' - n = 198'',9. \tag{1}$$

Ceci indique que, dans la double intégration relative aux perturbations périodiques du moyen mouvement de Pluton, il s'introduira un très petit diviseur auquel correspondra une inégalité à très longue période que je me propose de calculer.

Les éléments de Pluton étant accentués, j'appellerai $R_{(1,0)}$ la fonction perturbatrice due à l'action d'Uranus, $R_1$ sa partie principale, $\rho' = \int n'\,dt$ la partie de la longitude moyenne qui correspond au moyen mouvement. On sait qu'il faudra intégrer l'équation différentielle

$$\frac{d^2\rho'}{dt} = -3\frac{m}{1+m'}n'^2 a' \frac{\partial R_{(1,0)}}{\partial l'} \tag{2}$$

en réduisant $R_{(1,0)}$ aux termes d'argument $3l' - \lambda$.

Pour simplifier, je réduirai $R_{(1,0)}$ à sa partie principale $R_1$. La relation (1) montre que l'inégalité cherchée est au moins du deuxième ordre par rapport aux excentricités et aux inclinaisons.

J'ai utilisé pour Pluton les éléments déjà mentionnés et pour Uranus ceux de la *Connaissance des Temps*, ces éléments étant tous ramenés à l'équinoxe de 1930,0. Les *Œuvres de Le Verrier* (³) m'ont fourni les termes de $R_{(1)}$ qui dépendent de l'argument $3l' - \lambda$ et les expressions algébriques de leurs coefficients (⁴) m'ont permis de développer ces derniers.

Le calcul des $b^{(i)}$ et $b_j^{(i)}$, $c^{(i)}$ et $c_j^{(i)}$, $e^{(i)}$ a été effectué en utilisant les séries et formules données par Le Verrier (⁵) et les résultats ont été vérifiés par

---

(¹) Séance du 19 février 1934.

(²) Zagar, *Circ. de Copenhague*, 305, 1930.

(³) *Annales de l'Observatoire de Paris*, 1, 1855, p. 284 et suiv.

(⁴) *Annales de l'Observatoire de Paris*, 1, 1855, p. 299 et suiv.

(⁵) *Annales de l'Observatoire de Paris*, 2, 1856, p. 2 et suiv.

un double calcul. J'ai ensuite calculé les angles $\tau$, $\tau'$, $\gamma$, dont la signification est connue au moyen des formules données par Le Verrier [1]. Pour la masse d'Uranus j'ai utilisé la valeur $1/22869$, donnée par Hill, et enfin, comme la masse de Pluton est mal connue et que dans l'équation (2) elle ne figure que dans le coefficient $1/1+m'$, je l'ai laissée indéterminée.

J'obtiens finalement pour l'inégalité cherchée l'expression

$$(1+m')\,\delta\rho' = 3270'',24 \sin(3\,l' - \lambda + 69^\circ 23' 28'',89).$$

Quant à la durée de la période, elle est égale à

$$T = 6515,8 \text{ ans}.$$

Cette longue période pourrait faire presque penser à une inégalité séculaire.

Le moyen mouvement d'Uranus sera affecté lui aussi d'une inégalité de même période et de signe contraire à celle de Pluton, mais, la masse d'Uranus entrant au dénominateur dans $1+m$ et celle de Pluton, beaucoup plus petite, étant en facteur au numérateur, son coefficient sera petit et son influence sur la longitude d'Uranus sera très faible.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la nature de la photosphère et l'émission électronique du Soleil.* Note de M. **A. Dauvillier**, présentée par M. Ch. Fabry.

La discontinuité photosphérique qu'est le disque solaire, apparaissant dans un volume gazeux stellaire continu, est parfois attribuée, depuis Julius, à une cause optique.

Cependant l'invraisemblance que la photosphère et ses accidents, taches, facules, protubérances, ne soient que des illusions, jointe à la nécessité d'attribuer une charge négative à cette enveloppe, pour rendre compte du champ de Hale, et à la remarque que la pression y a précisément la valeur critique (1/10 atm) pour laquelle la décharge électrique dans les gaz présente un aspect discontinu, sont des arguments en faveur d'une conception électrique de ce phénomène.

Une expérience ancienne de Cooper-Hewitt illustre l'aspect de la décharge dans un tube dans lequel la pression locale varie, par exemple, de 1 à $10^{-6}$ atmosphère. Elle consiste simplement à refroidir la paroi d'une

(1) *Annales de l'Observatoire de Paris*, I, 1855, p. 172 et 173.

lampe à vapeur de mercure juste au-dessus de la cathode. Le passage d'un courant de 100 ampères ne se traduit que par l'apparition du spot cathodique, mobile et brillant, à l'exclusion de toute lumière positive.

L'aspect des « grains de riz », auxquels on doit le rayonnement solaire qui nous parvient, suggère une telle origine et les considérations spectrales n'y sont pas opposées. Mais, la brillance de ces spots cathodiques étant supérieure à celle de la couche sous-jacente, visible autour d'eux, dans les pores et dans les taches, leur surface totale ne saurait être, comme on le constate, qu'une fraction de l'aire photosphérique. C'est le rayonnement issu des pores et absorbé dans la chromosphère inférieure qui alimente cette myriade d'arcs en perpétuel état d'allumage et d'extinction. Cette représentation est en accord avec une observation de Trouvelot qui, en 1883, a remarqué que certaines facules portaient *ombre* sur les taches.

Le rayonnement solaire ne serait ainsi qu'indirectement d'origine thermique et les spots cathodiques constitueraient une enveloppe mince et discontinue entretenue de l'extérieur. La photosphère n'est pas une « mer de nuages incandescents », mais le lieu sphérique de lueurs électriques. La loi de Lambert n'étant pas applicable à une surface rayonnante *pelliculaire*, le Soleil devrait nous apparaître moins brillant au centre qu'à la périphérie, mais l'absorption exercée par la chromosphère renverse cette apparence. Ce phénomène nous permet même d'affirmer que le Soleil nous envoie au moins autant d'énergie sous forme électrique que de rayonnement thermique.

En effet, la brillance des bords du disque n'étant que les 4/10$^e$ de la brillance centrale, cet aspect dénote l'absorption par la chromosphère d'une fraction très importante du rayonnement de la photosphère. Or Julius mesurant, lors de l'éclipse de 1912, le rayonnement chromosphérique total, n'a guère trouvé plus du millième du rayonnement photosphérique. Qu'était donc devenue l'énorme énergie absorbée ainsi disparue? C'est pour répondre à cette question que l'astronome hollandais a nié l'existence de la photosphère et des protubérances et a tenté d'expliquer l'apparence du disque solaire par un phénomène de mirage. Si nous affirmons, au contraire, la réalité de l'existence de ce disque, dû à une discontinuité lumineuse électrique dans le volume gazeux solaire, nous voyons que la moitié au moins du rayonnement thermique s'est transformée en énergie électrique et nous obtenons immédiatement la limite inférieure du flux électronique solaire rencontrant la Terre. A une « constante solaire » de 0,14 watt/cm$^2$ correspond, en effet, une densité de $0,14.10^{-10}$ amp/cm$^2$, en

supposant une distribution isotrope et en admettant l'énergie de $10^{10}$ $e$V trouvée par la considération du rayon de courbure statistique moyen de la zone aurorale.

Ce flux est $10^5$ fois plus grand que le courant vertical et $10^{10}$ fois supérieur au flux électronique cosmique au sol. Il ne rencontre donc pas la Terre, étant dévié par son champ magnétique. Il est du même ordre ($10^{-9}$ amp/cm$^2$) que le flux déjà calculé, par des considérations tout à fait différentes, basées sur la luminosité de l'aurore polaire et l'intensité des perturbations magnétiques.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Mesure de la vitesse de la lumière venant des étoiles.* Note de M. **P. Salet**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On peut déterminer la vitesse de la lumière $c$ par des mesures de vitesses radiales stellaires. En effet, en supposant connue la vitesse V de la Terre sur son orbite et en observant une étoile située dans l'écliptique aux époques de ses deux quadratures avec le Soleil, le déplacement $d\lambda$ d'une raie due au principe de Doppler-Fizeau vaut $2\lambda V/c$.

Les observations faites loin de l'opposition sont relativement peu nombreuses; pourtant, avec les données des catalogues actuels, nous avons pu déterminer la vitesse de la lumière pour les différents types spectraux. Ces calculs ont été faits au moyen de deux méthodes différentes par Salet et Camichel. Nous donnons l'écart $dc/c$ par rapport à la valeur déterminée par Michelson et l'erreur probable de chaque résultat. Pour les types A et B, le nombre d'étoiles utilisables étant encore insuffisant, les valeurs ne sont données que comme indications :

| B. | A. | F. | G. | K. | M. |
|---|---|---|---|---|---|
| (+0,006) | (+0,010) | +0,013 | +0,008 | +0,004 | +0,008 |
| ±0,008 | ±0,006 | ±0,002 | ±0,002 | ±0,001 | ±0,004 |

La vitesse de la lumière venant des étoiles paraît donc supérieure, en moyenne, de 0,008 environ à celle que l'on observe à la surface de la Terre [1]. On objectera que ce résultat peut être faussé par certaines erreurs systématiques (flexions dépendant de l'angle horaire et, par suite,

[1] On sait que la vitesse déduite par Delambre des éclipses des satellites de Jupiter est aussi trop grande de 0,010 environ.

de la saison). Mais le spectrographe fixe organisé par M. Hamy au Grand Équatorial coudé de l'Observatoire de Paris échappe à la plupart de ces critiques. Or des mesures faites par Salet sur $\alpha$ Persée (type F) donnent $+0,020 \pm 0,005$ et, pour Arcturus (type K), $+0,004 \pm 0,003$, ce qui paraît confirmer la réalité des résultats précédents.

D'ailleurs, si la valeur moyenne de nos déterminations peut dépendre d'erreurs systématiques, on ne voit pas comment ces erreurs pourraient produire leurs différences. Il est remarquable que ces différences correspondent à peu près aux variations de la constante de l'aberration avec le type spectral, déduites par M. Becker (¹) des méthodes basées sur les positions d'étoiles.

La différence trouvée entre les types F et K vaut environ cinq fois l'erreur probable calculée. En observant des étoiles systématiquement à des époques convenables, on augmentera facilement cette précision; on pourra rechercher l'influence des caractères de naine ou géante, etc.

Avec les données expérimentales actuelles, on peut dire que la méthode spectroscopique donne, pour la vitesse de la lumière venant des étoiles, des valeurs différentes suivant le type spectral.

GÉODÉSIE. — *Observations d'intensité de la pesanteur dans le Nord-Est de la Chine.* Note (²) de **P. Lejay** et **Lou Jou Yu**, présentée par M. G. Perrier.

Les stations où nous avons observé, situées à $100^{km}$ en moyenne les unes des autres, forment le premier élément du réseau gravimétrique à larges mailles, projeté par l'Académie nationale de Peiping (Pékin). Le travail exécuté s'étend, au Nord-Est de la Chine sur $500000^{km^2}$, les provinces du Hopei et du Shansi. Les mesures ont été faites avec le gravimètre Holweck-Lejay n° 42, dont la description et l'étalonnage ont fait l'objet de Notes précédentes (³). Les mesures sont, comme il y a été dit, rapportées à la base Paris-Zi Ka Wei-Singapore.

Dans le tableau ci-après nous gardons les notations des Notes précitées; nous donnons le lieu, la latitude et la longitude par rapport à Greenwich,

(¹) *Astronom. Nachrichten*, **238**, 1930, p. 317, et **242**, 1931, p. 225.
(²) Séance du 26 février 1934.
(³) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1399; **196**, 1933, p. 44.

| Lieu. | Latitude. | Longitude. | Alt. | δ. | Obs. | Date 1933. | To. | g. | $g''_0$. | $g_0$. | $\gamma_0$. | $g_0-\gamma_0$. | $g''_0-\gamma_0$. | $\gamma'_0$. | $g_0-\gamma'_0$. | $g''_0-\gamma'_0$. | n. | ε. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° ′ | ° ′ | m | | | | s | g | g | g | g | $10^{-3}$ g | $10^{-3}$ g | g | $10^{-3}$ g | $10^{-3}$ g | | |
| Zikawei........ | 31.11,5 | 121.25,7 | 7 | 2,5 | L | 4 IV | 5,6436 | **979,436** | 979,438 | 979,438 | 979,416 | +22 | + 22 | 979,432 | + 6 | + 6 | 95 | 0,2 |
| Tientsin........ | 39. 9 | 115.49 | 9 | 2,4 | » | 7 V | 5,9213 | **980,094** | 980,096 | 980,097 | 980,090 | + 7 | + 6 | 980,105 | − 8 | − 9 | 23 | 0,1 |
| Chu feng....... | 40. 3,9 | 116. 5,7 | 155 | 2,7 | » | 18 » | 5,9293 | **980,112** | 980,142 | 980,160 | 980,171 | −11 | − 29 | 980,186 | − 26 | − 44 | 33 | 0,4 |
| Peiping........ | 39.55,8 | 116.23,7 | 46 | 2,3 | L–Lo | 20 » | 5,9338 | **980,122** | 980,132 | 980,136 | 980,159 | −23 | − 27 | 980,174 | − 38 | − 42 | 21 | 0,3 |
| Tatung......... | 40. 8 | 114.15 | *1070* | 2,5 | L | 25 » | 5,8072 | **979,836** | 980,050 | 980,166 | 980,177 | −11 | −127 | 980,192 | − 26 | −142 | 16 | 0,2 |
| Paoting........ | 38.48 | 115.30 | 15 | 2,4 | L–Lo | 31 » | 5,8878 | **980,019** | 980,021 | 980,024 | 980,059 | −35 | − 38 | 980,074 | − 50 | − 53 | 20 | 0,3 |
| Shekiachwang.. | 38. 6 | 114.35 | 68 | 2,4 | » | 1er VI | 5,8484 | **979,930** | 979,944 | 979,950 | 979,997 | −47 | − 53 | 980,012 | − 62 | − 68 | 21 | 0,2 |
| Gnan tse kwan. | 38. 3 | 113.48 | 371 | 2,4 | » | 2 » | 5,8070 | **979,835** | 979,911 | 979,949 | 979,994 | −45 | − 83 | 980,009 | − 60 | − 98 | 24 | 0,3 |
| Yang tchen.... | 37.56 | 113.29 | 668 | 2,3 | » | 2 » | 5,7692 | **979,745** | 979,888 | 979,950 | 979,983 | −33 | − 95 | 979,998 | − 48 | −110 | 24 | 0,2 |
| Chouyuan...... | 37.56 | 113. 5 | 1048 | 2,3 | » | 3 » | 5,7327 | **979,657** | 979,879 | 979,979 | 979,986 | − 7 | −107 | 980,001 | − 22 | −122 | 24 | 0,4 |
| Tai yuan fou... | 37.47 | 112.24 | 796 | 2,3 | » | 4 » | 5,7441 | **979,684** | 979,853 | 979,927 | 979,970 | −43 | −117 | 979,985 | − 58 | −132 | 19 | 0,3 |
| Hsin shien..... | 38.28 | 112.46 | *817* | 2,3 | » | 6 » | 5,7679 | **979,742** | 979,916 | 979,992 | 980,030 | −48 | −114 | 980,045 | − 53 | −129 | 21 | 0,3 |
| Tai shien...... | 39.11 | 112.58 | *875* | 2,3 | » | 7 » | 5,7746 | **979,758** | 979,951 | 979,937 | 980,093 | − 9 | −142 | 980,108 | − 24 | −157 | 21 | 0,3 |
| Fen yuan...... | 37.19 | 111.40 | *770* | 2,3 | » | 9 » | 5,7206 | **979,628** | 979,790 | 979,865 | 979,929 | −63 | −139 | 979,944 | − 78 | −154 | 21 | 0,3 |
| Tai tsien...... | 37.36 | 112.09 | *804* | 2,3 | » | 10 » | 5,7297 | **979,649** | 979,820 | 979,896 | 979,954 | −58 | −134 | 979,969 | − 73 | −149 | 21 | 0,3 |
| Tai ku......... | 37.25 | 112.33 | 797 | 2,3 | » | 12 » | 5,7234 | **979,634** | 979,803 | 979,880 | 979,938 | −58 | −135 | 979,953 | − 73 | −150 | 21 | 0,3 |
| Wang tchen... | 36.16 | 113. 5 | *960* | 2,5 | » | 13 » | 5,6883 | **979,543** | 979,737 | 979,839 | 979,939 | 0 | −112 | 979,854 | − 15 | −117 | 21 | 0,3 |
| Kiao kiow..... | 36.48 | 112.37 | *1040* | 2,5 | » | 14 » | 5,7008 | **979,578** | 979,792 | 979,905 | 979,884 | +21 | − 92 | 979,899 | + 6 | −107 | 24 | 0,4 |
| Tai yuan fou... | 37.47 | 112.24 | 796 | 2,3 | » | 16 » | 5,7444 | **979,684** | – | – | – | – | – | – | – | – | 12 | 0,4 |
| Hungtungshien. | 36.10 | 111.42 | *485* | 2,3 | » | 22 » | 5,7075 | **979,595** | 979,695 | 979,745 | 979,830 | −85 | −135 | 979,845 | −100 | −150 | 24 | 0,3 |
| Kuivo shien.... | 35.34 | 111.35 | *500* | 2,4 | » | 23 » | 5,7014 | **979,580** | 979,884 | 979,734 | 979,779 | −45 | − 95 | 979,794 | − 60 | −110 | 12 | 0,6 |
| Ling shi....... | 36.52 | 111.47 | *739* | 2,3 | » | 24 » | 5,7286 | **979,648** | 979,795 | 979,866 | 979,882 | −26 | − 97 | 979,907 | − 41 | −112 | 14 | 0,7 |
| Tai yuan fou... | 37.47 | 112.24 | 796 | 2,3 | » | 27 » | 5,7458 | **979,688** | – | – | – | – | – | – | – | – | 60 | 0,2 |
| Shungte....... | 37. 4 | 114.29 | 68 | 2,3 | » | 30 » | 5,8205 | **979,866** | 979,880 | 979,887 | 979,908 | −21 | − 28 | 979,923 | − 36 | − 43 | 24 | 0,3 |
| Shangte........ | 36, 4 | 114.20 | 74 | 2,3 | » | 1er VII | 5,7729 | **979,753** | 979,769 | 979,775 | 979,822 | −47 | − 55 | 979,837 | − 62 | − 68 | 21 | 0,3 |
| Peiping........ | 39.55,8 | 116.23,7 | 46 | 2,3 | » | 5 » | 5,9334 | **980,123** | – | – | – | – | – | – | – | – | 6 | 0,3 |
| Nan kow...... | 40.19 | 116. 3 | 106 | 2,3 | » | 10 » | 5,9252 | **980,103** | 980,125 | 980,135 | 980,194 | −54 | − 68 | 980,209 | − 73 | − 83 | 13 | 0,5 |
| Kalgan........ | 40.48 | 114.49 | *735* | 2,4 | » | 11 » | 5,8726 | **979,985** | 980,138 | 980,212 | 980,237 | −25 | − 89 | 980,252 | − 40 | −114 | 22 | 0,3 |
| Tankou........ | 39. 2 | 117.38 | 10 | 2,3 | L | 18 » | 5,9088 | **980,066** | 980,068 | 980,069 | 980,080 | −11 | − 12 | 980,095 | − 26 | − 27 | 12 | 0,5 |
| Tanshan (puits). | 39.38 | 118.11 | −540 | 2,3 | » | 19 » | 5,9712 | **980,203** | 980,092 | 980,037 | 980,133 | −96 | − 42 | 980,148 | −111 | − 56 | 15 | 0,4 |
| Tanshan (sol).. | 39.38 | 118.11 | 39 | 2,3 | » | 19 » | 5,9451 | **980,146** | 980,153 | 980,157 | 980,133 | +24 | + 20 | 980,148 | + 9 | + 5 | 18 | 0,5 |
| Peitaiho....... | 39.48 | 119.27 | 19 | 2,3 | » | 20 » | 5,9544 | **980,167** | 980,169 | 980,170 | 980,148 | +22 | + 21 | 980,163 | + 7 | + 6 | 15 | 0,3 |
| Tankou........ | 39. 2 | 117.38 | 10 | 2,3 | » | 23 » | 5,9073 | **980,061** | 980,063 | 980,064 | 980,080 | −16 | − 17 | 980,095 | − 31 | − 32 | 15 | 0,5 |
| Tien-tsin...... | 39. 9 | 117.12 | 8 | 2,3 | » | 24 » | 5,9193 | **980,090** | 980,092 | 980,093 | 980,990 | + 3 | + 2 | 980,105 | − 12 | − 13 | 18 | 0,5 |
| Te shien....... | 37.27 | 116.18 | 22 | 2,3 | » | 25 » | 5,8424 | **979,917** | 979,922 | 979,924 | 979,041 | −17 | − 19 | 979,956 | − 32 | − 34 | 15 | 0,4 |
| Tsinanafou.... | 36.41 | 117. 0 | 20 | 2,4 | » | 26 » | 5,8169 | **979,858** | 979,862 | 979,865 | 979,875 | −10 | − 13 | 979,890 | − 25 | − 28 | 15 | 0,4 |
| Zikawei....... | 31.11,5 | 121.25,7 | 7 | 2,5 | » | 1er VIII | 5,6432 | **979,436** | – | – | – | – | – | – | – | – | 15 | 0,3 |

en degrés, l'altitude en mètres [1], la densité du sous-sol $\delta$, le nom de l'observateur (L = P. Lejay; Lo = Lou Jou Yu), le jour et le mois de l'observation, la période corrigée du pendule; Tc, la valeur conclue pour $g$; $g''_0$ est la valeur de la gravité sur le géoïde, en tenant compte de la correction de Bouguer; $g_0$ est la valeur de la gravité sur le géoïde, obtenue, selon Faye, par la réduction à l'air libre; $\gamma_0$ est la valeur normale suivant Helmert (1901), $\gamma'_0$ est la valeur normale internationale (d'après les Tables de W. D. Lambert, *Bulletin géodésique*, n° 32, 1932, p. 334); $n$ est le nombre d'observations et $\varepsilon$ l'écart probable des observations.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Spineurs et quaternions.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. L. de Broglie.

L'objet de cette Note est de montrer comment l'algorithme des quaternions permet d'interpréter d'une manière particulièrement simple les lois de transformation qu'induit le groupe de Lorentz dans le champ de spineurs, en relation avec celles induites par le même groupe dans le champ de vecteurs d'univers.

Soient $s^i$ et $\sigma^i$ deux spineurs de premier rang, définis par la substitution binaire complexe :

$$(1)\quad \begin{cases} s'_1 = b_1^1 s_1 + b_1^2 s_2, & s'_{\dot{1}} = b_{\dot{1}}^{\dot{1}} s_{\dot{1}} + b_{\dot{1}}^{\dot{2}} s_{\dot{2}} \\ s'_2 = b_2^1 s_1 + b_2^2 s_2, & s'_{\dot{2}} = b_{\dot{2}}^{\dot{1}} s_{\dot{1}} + b_{\dot{2}}^{\dot{2}} s_{\dot{2}} \end{cases} \quad \text{(composantes covariantes)};$$

$$(1')\quad \begin{cases} s'^1 = b_2^2 s^1 - b_2^1 s^2, & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ s'^2 = -b_1^2 s^1 + b_1^1 s^2, & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases} \quad \text{(composantes contravariantes)}.$$

avec $b_1^1 b_2^2 - b_1^2 b_2^1 = 1$.

On sait que les quatre formes hermitiennes suivantes se transforment comme les composantes d'un vecteur d'univers :

$$(2)\quad \begin{cases} (\sigma^1\sigma^{\dot{2}} + \sigma^2\sigma^{\dot{1}}) - & (s_{\dot{1}} s_2 + s_{\dot{2}} s_1) \to x, \\ \frac{1}{i}(\sigma^2\sigma^{\dot{1}} - \sigma^1\sigma^{\dot{2}}) - & \frac{1}{i}(s_{\dot{2}} s_1 - s_{\dot{1}} s_2) \to y, \\ (\sigma^1\sigma^{\dot{1}} - \sigma^2\sigma^{\dot{2}}) - & (s_{\dot{1}} s_1 - s_{\dot{2}} s_2) \to z, \\ (\sigma^1\sigma^{\dot{1}} + \sigma^2\sigma^{\dot{2}}) + & (s_{\dot{1}} s_1 + s_{\dot{2}} s_2) \to ct. \end{cases}$$

---

[1] Les altitudes écrites en italiques peuvent être inexactes de 15 à 25$^{m}$.

Cela étant, nous allons considérer la substitution suivante :

$$(3)\quad \begin{cases} s_1 = \dfrac{1}{\sqrt{2}}(Y_3 + iY_4 + iX_3 - X_4), & \sigma^1 = \dfrac{1}{\sqrt{2}}(Y_3 + iY_4 - iX_3 + X_4); \\ s_2 = \dfrac{1}{\sqrt{2}}(Y_1 + iY_2 + iX_1 - X_2), & \sigma^2 = \dfrac{1}{\sqrt{2}}(Y_1 + iY_2 - iX_1 + X_2). \end{cases}$$

Dans ces conditions le tableau de correspondance (2) se trouve remplacé par

$$(4)\quad \begin{cases} 2(-X_1Y_4 + X_2Y_3 - X_3Y_2 + X_4Y_1) & \rightarrow x, \\ 2(-X_1Y_3 - X_2Y_4 + X_3Y_1 + X_4Y_2) & \rightarrow y, \\ 2(\;X_1Y_2 - X_2Y_1 - X_3Y_4 + X_4Y_3) & \rightarrow z, \\ X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + X_4^2 + Y_1^2 + Y_2^2 + Y_3^2 + Y_4^2 & \rightarrow ct. \end{cases}$$

Soient $e_1$, $e_2$, $e_3$ trois unités quaternioniennes et $i$, unité complexe ordinaire, nous allons poser

$$(5)\quad \begin{cases} x = e_1 x_1 + e_2 y + e_3 z + ict, \\ X = e_1 X_1 + e_2 X_2 + e_3 X_3 + X_4, \\ Y = e_1 Y_1 + e_2 Y_2 + e_3 Y_3 + Y_4. \end{cases}$$

Avec ces notations, le tableau (4) peut être condensé en une seule correspondance entre les quaternions

$$(4')\quad (iX + Y)(\overline{X} + i\overline{Y}) \rightarrow x,$$

où

$$\overline{X} = -e_1 X_1 - e_2 X_2 - e_3 X_3 + X_4.$$

Quelles sont maintenant les lois de transformation auxquelles obéissent les quantités X et Y ? Revenons aux relations (1) et posons

$$(6)\quad b_i^k = \alpha_{ik} + i\beta_{ik}.$$

Il résulte alors de (1) et de (3), en posant

$$(7)\quad \begin{cases} c_1 = -\dfrac{\beta_{12} + \beta_{21}}{2}, & c_2 = \dfrac{\alpha_{12} - \alpha_{21}}{2}, & c_3 = \dfrac{-\beta_{11} + \beta_{22}}{2}, & c_4 = \dfrac{\alpha_{11} + \alpha_{22}}{2}, \\ d_1 = -\dfrac{\alpha_{12} + \alpha_{21}}{2}, & d_2 = \dfrac{-\beta_{12} + \beta_{21}}{2}, & d_3 = \dfrac{-\alpha_{11} + \alpha_{22}}{2}, & d_4 = -\dfrac{\beta_{11} + \beta_{22}}{2}; \end{cases}$$

$$(8)\quad c = e_1 c_1 + e_2 c_2 + e_3 c_3 + c_4, \qquad d = e_1 d_1 + e_2 d_2 + e_3 d_3 + d_4;$$

que X et Y se transforment suivant les relations

(9) $$\begin{cases} X' = \bar{c}X + \bar{d}Y, \\ Y' = -\bar{d}X + \bar{c}Y \end{cases}$$ [1],

avec

$$c_1 d_1 + c_2 d_2 + c_3 d_3 + c_4 d_4 = 0.$$

Il en résulte que

$$(iX' + Y') = (\bar{c} + i\bar{d})(iX + Y),$$

d'où

(10) $$(iX' + Y')(\bar{X}' + i\bar{Y}') = (\bar{c} + i\bar{d})(iX + Y)(\bar{X} + i\bar{Y})(c - id),$$

ce qui représente bien une substitution orthogonale unimodulaire que subit un vecteur d'univers [2].

Remarquons que si l'on ajoute aux relations (9) la substitution linéaire

(11) $$X' = Y, \qquad Y' = X,$$

on obtient une représentation du groupe de Lorentz complet.

PHYSIQUE. — *Sur la mesure des faibles dilatations.* Note de M. **L. Dunoyer**, présentée par M. Ch. Fabry.

Pour mesurer une dilatation on opère en général de l'une des trois manières suivantes : 1° on compare la longueur de l'échantillon, porté successivement à deux températures différentes, à celle d'une tige maintenue à température constante; 2° on compare, à deux températures différentes, la longueur de l'échantillon et celle d'une tige dont la dilatation est connue, ces deux tiges étant constamment portées l'une et l'autre à la même température; 3° la longueur de l'échantillon à une certaine température étant connue, on mesure la variation de longueur de l'échantillon pour une certaine variation de température.

En principe, ces trois méthodes reviennent évidemment au même. En

---

(1) Ces équations représentent un cas particulier du groupe homographique de la géométrie quaternionienne (E. Cartan, *Leçons sur la Géométrie projective complexe*, p. 206-209).

(2) Cf. F. Klein, *Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19 Jahrhundert*, II, p. 86.

fait, elles diffèrent beaucoup par le matériel expérimental dont elles exigent la mise en œuvre. Quand il s'agit de très faibles dilatations, comme celle de la silice fondue, que vise particulièrement cette Note, la première n'atteint la sensibilité suffisante qu'avec des appareils compliqués et coûteux, comme le comparateur du Bureau international des Poids et Mesures. La seconde, qui rend les plus grands services avec les beaux dilatomètres différentiels de M. Chevenard, aurait le défaut de comparer la dilatation inconnue de l'échantillon à celle d'une tige généralement beaucoup plus dilatable, dilatation qu'il faut bien avoir déterminée en valeur absolue par quelque autre méthode. Enfin la troisième paraît beaucoup plus séduisante parce qu'elle se prête tout naturellement à l'emploi des interférences. Dans cette méthode, due à Fizeau et rendue très commode par M. Arnulf dans son dilatomètre enregistreur, la variation de longueur de l'échantillon est comparée, non à une certaine longueur matérielle, mais à une certaine longueur d'onde lumineuse; on compte en somme la variation du nombre d'ondes compris dans la longueur de l'échantillon quand sa température varie.

Seulement, à moins de placer tout le dilatomètre dans le vide, la méthode interférentielle exige un terme correctif dû à ce que la longueur d'onde change avec l'indice du gaz qui s'échauffe en même temps que l'échantillon. Le rapport de la variation du nombre d'ondes causée par la dilatation de l'air à la variation du nombre d'ondes causée par la dilatation de l'échantillon, rapport qui représente l'importance relative du terme correctif, est donné par la formule

$$m = \frac{1 + Kt'}{K} \frac{(n_0 - 1)\alpha}{(n_0 + \alpha t)(1 + \alpha t')},$$

en désignant par K et $\alpha$ les coefficients de dilatation de l'échantillon et de l'air, par $t$ et $t'$ les températures inférieure et supérieure, par $n_0$ l'indice de l'air à 0° sous la pression atmosphérique régnant pendant l'expérience et supposée invariable. Si K est très petit et la température inférieure $t$ peu éloignée de 0°, la formule précédente peut être remplacée par

$$m = \frac{3.10^{-4}}{KT'},$$

la quantité $n_0 - 1$ étant très voisine de 0,0003 et T′ étant la température supérieure dans l'échelle absolue. Si K est de l'ordre du coefficient de dilatation des verres ($3$ à $8.10^{-6}$) et si $T' = 500$ ($t' = 227°$), $m$ est compris entre le 1/5ᵉ et le 1/14ᵉ de la quantité à mesurer. Mais si K tombe à une

valeur de l'ordre de $10^{-7}$ et qu'on prétende le mesurer sur un intervalle de température faible (par exemple entre 0° et 27°, soit $T'=300$), $m$ atteint la valeur 10, et atteindrait la valeur 100 si K tombait à $10^{-8}$. La méthode interférentielle deviendrait alors peu sûre, à moins de placer le dilatomètre dans le vide.

Pour mesurer d'aussi faibles dilatations, il serait préférable d'avoir recours à une méthode qui n'exige pas le calcul d'un terme correctif aussi important. On peut y parvenir aisément en employant le principe du dilatomètre interférentiel de M. Chevenard, mais légèrement modifié. *Au lieu d'échauffer simultanément et de la même quantité l'échantillon et une tige étalon de dilatation connue, on comparera l'échantillon à une tige identique à lui-même mais maintenue à température constante* (*ou plutôt dont il suffira de connaître la différence de température avec l'échantillon*).

Cette comparaison peut d'ailleurs être faite de diverses manières. L'emploi d'un dilatomètre Chevenard exigerait qu'il subît d'abord quelques modifications pratiques. Mais on peut aussi observer les déformations d'un corps solide de forme convenable, taillé dans la matière à étudier, entre deux parties duquel on établit une différence de température. On pourrait par exemple étudier la déformation d'un plateau circulaire dont les faces seraient planes et parallèles quand elles seraient à la même température, et entre lesquelles on établirait et maintiendrait une différence de température mesurée. On pourrait aussi constituer un cadre rectangulaire ayant deux côtés longs, inégalement chauffés, réunis par deux entretoises courtes et indéformables, et l'on mesurerait la flexion de tout l'ensemble. C'est sous une forme analogue, mais un peu moins simple, que nous avons incidemment observé la dilatation de la silice fondue au voisinage de la température ordinaire. Le corps étudié était un tube dont on déterminait une méridienne, en établissant une différence de température mésurée entre une génératrice et la génératrice opposée. La précision de la méthode se trouvait ainsi considérablement accrue, du fait que toutes les mesures effectuées pour déterminer la forme de cette méridienne point par point concourraient au résultat en se corrigeant les unes les autres.

ÉLECTRICITÉ. — *Les lampes à chauffage indirect dans l'amplification des courants continus.* Note de MM. **P. Donzelot**, **E. Pierret** et **J. Divoux**, présentée par M. A. Cotton.

Les perturbations observées par deux des auteurs ([1]) dans leurs études antérieures sur les amplificateurs à courants continus semblent se rapporter à trois types :

*a.* une dérive lente;

*b.* des oscillations lentes autour d'une position moyenne, laquelle est affectée de la dérive;

*c.* des modifications à caractère brusque et irrégulier que l'on peut rapporter soit à des modifications rapides des potentiels de contact grille-filament, soit à des traces de gaz qui, se déposant sur la cathode, modifient l'émission.

Mais il existe, en outre, d'autres causes de non-stabilité :

*a.* une dissymétrie dans le filament par suite de l'inégale répartition du courant plaque entre les deux parties du circuit filament (le côté négatif est en général le plus chauffé). Toute variation du débit plaque modifiera le chauffage du filament, donc la température de ses différents points. La répartition de la chute de potentiel le long du filament sera affectée, et par conséquent aussi le champ dans l'espace filament-grille;

*b.* un chauffage supplémentaire du filament, dû au rayonnement de l'anode. Ce chauffage, surtout sensible avec les lampes à filament baryé, amène le courant d'émission à croître avec le temps. L'hypothèse d'une relation entre ce chauffage en retour et la dérive est vraisemblable.

Il a semblé que les lampes à chauffage indirect seraient plus convenables pour l'amplification des courants continus, car elles ont :

1° une répartition connue et fixe du champ entre grille et filament;

2° la surface émettrice isolée du circuit de chauffage. Il n'y aura plus de retentissement du courant plaque sur le chauffage du filament;

3° une inertie colorifique très grande : il y aura des variations moins sensibles dues au chauffage par rayonnement;

4° un vernis conducteur qui les recouvre et que l'on peut mettre au potentiel zéro; ceci évite le mouvement des charges le long des parois de verre de l'ampoule.

---

([1]) P. Donzelot et J. Divoux, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1579-1581.

Les auteurs ont employé des lampes de ce genre à la réalisation de montages en ponts de Wheatstone du type déjà signalé par eux. Chaque fois, les caractéristiques de courants grilles ont été tracées dans les conditions d'utilisation, et ont montré que l'emploi de résistances élevées dans le circuit grille de la lampe d'entrée était justifié.

Pour les triodes, les résultats ne sont pas sensiblement supérieurs à ceux des triodes ordinaires, ce qui est dû à l'absence de compensation dans les tensions grilles.

Il en est autrement pour les bigrilles. Le tracé des caractéristiques pour les lampes que nous possédons n'a pas montré de courant inverse de grille. Il existe un courant électronique normal qui est remarquablement constant dans un intervalle de tension voisin de 1 volt. Nous avons cherché d'autre part, en prenant les tensions grilles internes et grilles externes sur le même potentiomètre, à obtenir la compensation pour les variations de tension de la batterie grille.

Ce potentiel peut être très résistant (120 ohms); les accumulateurs débitent peu (70 milliampères environ). Le coefficient $\alpha_1 = \Delta I_p/\Delta e_{g\text{int.}}$ varie de 0,03 à 0,085; le coefficient $\alpha_2 = \Delta I_p/\Delta e_{g\text{ext.}}$ varie de 0,25 à 0,95 en milliampères par volt.

En prenant une tension grille interne de 6 à 8 volts, une tension grille externe voisine de $-1$ volt, on peut obtenir une compensation pratiquement complète.

Ce montage est extrêmement stable; seule subsiste la dérive qui en une heure devient négligeable. Utilisé avec un galvanomètre sensible à $10^{-8}$ ampère, il donne une sensibilité totale en courant qui peut atteindre $10^{-14}$ ampère.

Il présente sur le pont à bigrilles ordinaires l'avantage d'être plus facile à monter et beaucoup plus facile à régler.

Un montage semblable au précédent a été réalisé avec des lampes à grille écran; mais si le coefficient d'amplification théorique est nettement plus élevé, le coefficient d'amplification utilisable en pratique est resté inférieur à celui des bigrilles, ce qui peut s'expliquer encore par l'absence de compensation dans les tensions grilles.

ÉLECTRICITÉ. — *Matérialisation de l'éther polarisé.* Note de M. V. **Posejpal**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note précédente (¹), j'ai brièvement décrit des expériences indiquant la matérialisation de l'éther libre avec formation d'hydrogène. La présence, de notoriété classique, de l'hydrogène dans les tubes à vide donne lieu à des objections ; M. A. Cotton en a fait mention dans ses Remarques sur ladite Note ; heureusement, on peut se rendre compte du rôle que cet hydrogène préexistant dans le tube à vide joue dans le phénomène en question : je le ferai voir prochainement. Aujourd'hui, je voudrais m'occuper de l'autre manière de matérialiser l'éther indiquée déjà à la fin de la première Note.

A l'intérieur des atomes et des molécules, les atomes éthériens sont si fortement polarisés qu'ils deviennent fixés à leurs positions, formant ainsi une enceinte d'éther polarisé, pénétrant les atomes et entraîné par eux. Le passage des photons à travers cette enceinte est soumis à la règle que j'ai établie par des voies différentes, d'après laquelle « les photons ne pénètrent dans l'intérieur des atomes qu'aux niveaux d'énergie égale à leur quantum $h\nu$, niveaux où ils éprouvent, en l'absence des électrons, une diffusion cohérente ». Du point de vue du principe de l'action et de la réaction, les photons ainsi diffusés peuvent transmettre toute leur énergie soit aux électrons périphériques, ce qui produit l'effet photoélectrique, soit aux atomes éthériens, ce qui produit leur matérialisation. La première alternative s'est montrée utile à considérer, car elle m'a conduit immédiatement à une formule générale satisfaisante pour les sauts d'absorption ; la seconde a pris une signification pratique seulement après la découverte du positron. En effet, les photons d'énergie $h\nu \geqq m_{\mathrm{H}} c^2$, capables de séparer les corpuscules de l'atome éthérien proton-électron, ne trouvent plus dans les atomes, même les plus lourds, des niveaux d'énergie qui leur correspondent. Mais les atomes éthériens positron-électron peuvent être matérialisés à partir des photons de longueur d'onde $\lambda = 12,1$ U.X. et de quantum $h\nu = 2mc^2 = 10^6 eV$ de sorte que cette matérialisation doit être possible même à l'intérieur des atomes légers.

En désignant par $a$ le rayon du niveau d'énergie $h\nu > 2mc^2$ et en prenant

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 59.

l'intensité des rayons primaires égale à l'unité, l'intensité des rayon diffusés, par atome, sur le niveau énergétique en question sera $\pi a^2$. De cette énergie une fraction sera réellement diffusée sous forme de radiation cohérente non modifiée, cette radiation dont les travaux de Mme Lise Meitner et de ses collaborateurs ont nettement prouvé l'existence. Une autre fraction produira l'effet photoélectrique et une troisième, soit $p\pi a^2$, subira en général une double transformation : d'abord elle sera absorbée par les atomes éthériens en question avec production de paires d'électrons positifs et négatifs, ensuite, par la reconstitution presque immédiate de l'atome éthérien ainsi désintégré, elle réapparaîtra sous forme de photons de quantum $h\nu = mc^2$, de sorte que l'intensité de cette radiation secondaire, par atome, sera proportionnelle à $p\pi a^2$. Les expériences sur l'électron positif de C. D. Anderson, I. Curie et F. Joliot, L. Meitner et K. Philipp et notamment le travail tout récent de Theiting (¹), ainsi que l'application de la théorie de Dirac par J. R. Oppenheimer et M.-S. Plesset, font conclure que pour la même longueur d'onde de la radiation primaire $p\pi a^2$ augmente proportionnellement à $Z^2$.

Eh bien, nous pouvons avec raison admettre que $p$ dépend de l'énergie du niveau en question, mais non de la nature de l'atome de sorte que $\pi a^2$, lui aussi, doit augmenter proportionnellement au carré du nombre atomique. Mais dans notre cas les niveaux $a$ sont tellement serrés près du noyau qu'il est permis, en première approximation, de négliger l'action des électrons périphériques et d'écrire alors pour l'énergie du niveau l'expression $ze^2/a$, il en résulte immédiatement la constance du rapport $\pi a^2/z^2$ pour une radiation donnée de quantum $h\nu$ du fait qu'on a, d'après la règle ci-dessus, $h\nu = ze^2/a$.

Nous constatons alors que nos hypothèses sur l'éther, en nous conduisant à l'idée de l'enceinte d'éther polarisé pénétrant les atomes et entraîné par eux ainsi qu'à la règle mentionnée plus haut sur le passage des photons à travers cette enceinte, nous permettent de prévoir d'une manière naturelle le processus de formation des paires d'électrons positifs et négatifs sous l'action des rayons $\gamma$ sur la matière. Elles conduisent à une relation numérique entre le nombre atomique et l'intensité des rayons absorbés, par suite entre le nombre atomique et l'intensité de la radiation secondaire de recombinaison et cette relation se trouve en bon accord avec l'expérience. De plus, elles nous présentent le phénomène de matérialisation de

(¹) *Zeits. Physik*, 87, 1933, p. 127.

l'éther d'une part et l'effet photoélectrique d'autre part comme résultant de processus analogues.

Enfin elles nous font prévoir que dans les rayons diffusés, outre la radiation modifiée de longueur d'onde $\lambda = 24,2$ U. X. (correspondant aux quanta $h\nu = mc^2$, libérés pendant la reconstitution des atomes éthériens en question), on doit constater la présence de la radiation primaire non modifiée. Or ceci est d'accord aussi bien avec les observations de MM. L. H. Gray et G. T. P. Tarrant, J. Thibaud, Th. Heiting, etc. qui ont su mesurer la longueur d'onde 24,2 U. X. qu'avec les observations de M. Meitner et ses collaborateurs constatant, dans la radiation diffusée, la présence de la radiation non modifiée.

### MAGNÉTISME. — *Étude magnétique de la thorine hydratée.* Note de M. F. Bourion et Mlle D. Beau, présentée par M. G. Urbain.

Cette étude a été entreprise dans le but de voir si la thorine hydratée était constituée par une combinaison de l'eau avec l'oxyde $ThO^2$ et si le thorium se comportait à cet égard comme le silicium et le zirconium qui se trouvent dans la même colonne verticale de la classification périodique. Des recherches analogues avaient été faites antérieurement par Mlle S. Veil ([1]) sur des mélanges d'oxydes, par M. Pascal ([2]) sur la silice hydratée, et par l'un de nous en collaboration avec Mlle Hun ([3]) sur la zircone hydratée.

Si, en effet, l'oxyde de thorium et l'eau forment un mélange, la susceptibilité magnétique de l'hydrate doit être une fonction linéaire de la teneur en eau, et les points doivent se placer sur une droite lorsqu'on trace la courbe proportion d'eau-susceptibilité. S'il y a combinaison et si la courbe offre des pointes, celles-ci correspondent avec une grande vraisemblance à des combinaisons définies de $ThO^2$ et de $H^2O$.

La thorine hydratée est obtenue soit à partir du nitrate de thorium de la Société des Terres rares de Serquigny, du nitrate de thorium de Haën, ou du chlorure anhydre de thorium $Cl^4Th$ préparé par distillation fractionnée du chlorure résultant de l'action du chlore et du bichlorure de soufre sur le

---

([1]) Mlle S. Veil, *Thèse*, Paris, Gauthier-Villars, 1920.

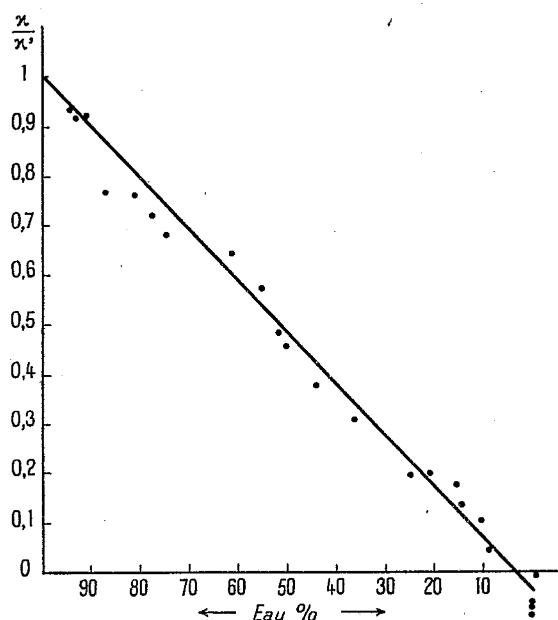
([2]) P. Pascal, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 814.

([3]) F. Bourion et Mlle Hun, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 886, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 49-60.

nitrate de Haën; à cet effet, afin d'éviter la formation éventuelle de sels basiques, on fait tomber la solution des sels de thorium dans l'ammoniaque en excès. Ces thorines se sont révélées exemptes de fer.

Quand on porte à l'étuve la thorine précipitée à des températures graduellement croissantes, on obtient des substances de plus en plus déshydratées, et quand on atteint la température de 110°, on a à la limite un hydrate à 15 ou 16 pour 100 d'eau. En chauffant entre 110° et 150°, on a des hydrates dont la composition s'échelonne entre 16 et 6 à 8 pour 100 d'eau. On pousse la déshydratation plus loin, en portant la substance dans un four électrique jusqu'à 500° d'une façon graduelle, température à laquelle on réalise la thorine anhydre.

Les mesures magnétiques ont été faites par la balance de Curie et




Cheneveau. Pour des hydrates à plus de 60 pour 100 d'eau, non pulvérisables, l'analyse a été faite en chauffant le tube de quartz ou de pyrex ayant servi à faire la mesure magnétique. Pour des hydrates de teneur en eau inférieure à 60 pour 100 pulvérisables et homogènes, l'analyse et la mesure magnétique sont faites sur des prises distinctes.

On constate que la susceptibilité magnétique spécifique est une fonction linéaire de la teneur en eau, car si l'on trace la courbe $\chi/\chi'$ (rapport des

susceptibilités de la substance et de l'eau) — teneur en eau, les points se placent, aux erreurs d'expériences près, sur une ligne droite, comme le montre la figure ci-dessus relative à une thorine provenant d'un nitrate S. T. R. Serquigny. La thorine hydratée issue du nitrate de Haën donne une droite identique à la précédente, et celle qui provient du chlorure $Cl^4$ Th est très voisine des deux autres.

La thorine hydratée se comporte donc, du point de vue magnétique, comme un mélange d'eau et d'un oxyde hypothétique Th $O^2$ faiblement paramagnétique, dont la susceptibilité spécifique, calculée par extrapolation, est de l'ordre de $+0{,}03 \times 10^{-6}$.

La thorine anhydre soumise à une calcination prolongée s'est toujours montrée très faiblement paramagnétique quelle que soit son origine.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques des mélanges d'ozone et d'oxygène liquides. Susceptibilité magnétique de l'ozone liquide pur.* Note de M. **P. Lainé**, présentée par M. A. Cotton.

Ainsi que je l'avais annoncé dans une précédente Note (¹), j'ai étudié les propriétés magnétiques de mélanges d'ozone et d'oxygène liquides. L'ozone était préparé par électrolyse d'acide sulfurique à 10 pour 100 avec une densité de courant d'environ 50 amp/cm² à l'anode. Il était liquéfié et purifié par la méthode déjà indiquée. L'oxygène, mélangé à l'ozone, était préparé par décomposition thermique du permanganate de potassium pur.

J'ai utilisé, pour les mesures magnétiques, des appareils analogues à ceux que j'avais déjà utilisés pour l'étude de l'ozone pur.

J'ai étudié ainsi, aux températures d'ébullition normale, de l'oxygène et de l'azote liquide commerciaux, des mélanges en équilibre avec de l'oxygène gazeux sous des pressions variant de quelques millimètres à quelques centimètres de mercure. J'ai aussi refait des mesures avec de l'ozone liquide pur.

Les conclusions qui se dégagent de mes expériences sont les suivantes :

*Les mélanges que j'ai étudiés se comportent comme des mélanges normaux* et l'emploi du dosage thermomagnétique de l'oxygène dont j'ai déjà exposé le principe semble légitime.

---

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 910.

*La susceptibilité spécifique de l'ozone liquide est*, aux températures voisines de celle de l'air liquide, *environ* $1,5.10^{-7}$, nombre qui doit être exact à deux ou trois unités près de son dernier chiffre significatif.

Dans l'intervalle de température que j'ai exploré, *la variation thermique de la susceptibilité spécifique de l'ozone est certainement inférieure au tiers de celle que ferait prévoir la loi de Curie*. (La petitesse de cette susceptibilité constitue une forte présomption en faveur d'une constance beaucoup plus grande.)

Il est intéressant de rapprocher ces résultats des suivants qui sont déjà connus :

Dans les combinaisons organiques, comme l'alcool éthylique, où l'oxygène est lié à deux atomes différents, la susceptibilité atomique de l'oxygène est, d'après P. Pascal ([1]), $-48.10^{-7}$, ce qui correspond à une susceptibilité spécifique de $-3.10^{-7}$.

Lorsque l'atome d'oxygène est doublement lié à un atome de carbone, comme dans l'aldéhyde éthylique, sa susceptibilité atomique est $+18.10^{-7}$, ce qui correspond à une susceptibilité spécifique d'environ $+1,1.10^{-7}$, nombre qui est tout à fait de l'ordre de grandeur de celui que j'ai trouvé pour l'ozone.

Enfin, d'après les mesures faites à Leyde ([2]), la susceptibilité spécifique de l'oxygène liquide pur à sa température d'ébullition normale est $+2406.10^{-7}$.

Une description détaillée de mes expériences, la discussion et un essai d'interprétation des résultats seront publiés ailleurs prochainement.

*Remarque*. — La valeur élevée du paramagnétisme de l'oxygène me permet, en outre, de préciser les points suivants :

Il est possible, en faisant le vide au-dessus d'un mélange d'ozone et d'oxygène liquides et en agitant ce mélange, d'abaisser la proportion d'oxygène au-dessous de 1/10000$^e$.

La stabilité de l'ozone liquide à la température de l'air liquide est telle qu'en une dizaine d'heures il n'apparaît pas 1/50000$^e$ d'oxygène.

---

([1]) P. PASCAL, *Ann. de Chim. et de Phys.*, **25**, 1912, p. 329.

([2]) KAMERLINGH ONNES et PERRIER, *Comm. Leiden*, n° **116**, 1910, p. 17.

MAGNÉTISME. — *Effets magnétothermoélectriques longitudinaux dans le nickel et dans le fer; interprétations théoriques.* Note (¹) de M. **Albert Perrier** et Mlle **T. Kousmine**, transmise par M. Pierre Weiss.

I. Nous avons donné (²) les principaux résultats de nos mesures des forces thermoélectromotrices d'aimantation; ici, nous discutons les lois observées à la lumière de propositions théoriques sur la conduction des milieux ferromagnétiques. Nous plaçons en premier lieu les conclusions qui sont le moins liées à des mécanismes particuliers d'aimantation.

L'aimantation du métal auxiliaire (ici le cuivre) étant insensible dans ces expériences, toutes les variations observées sont celles du pouvoir thermoélectrique de l'autre métal, donc des propriétés spécifiques liées au ferromagnétisme de ce métal. De plus les différences $\Delta E \| - \Delta E \perp$ sont celles des pouvoirs thermoélectriques *propres* suivant les deux directions étudiées, c'est-à-dire qu'elles sont grandeurs intrinsèques des milieux aimantés, *libérées de tout potentiel de contact* avec un métal étranger.

Calculons $\Delta E \| - \Delta E \perp$ pour les champs intenses; on trouve pour le nickel $43,7.10^{-8}$, pour le fer $14,8.10^{-8}$ volt/degré (saturation encore incomplète).

Ces grandeurs mesurent les *anisotropies thermoélectriques* créées dans nos milieux par la polarisation magnétique à saturation. L'approche vers cet état diminue en effet l'importance du champ inducteur comme agent immédiat des phénomènes. Dans les théories faisant appel à l'orientation des porteurs de magnétisme, on dira qu'il s'agit de *l'anisotropie* caractéristique *liée à ces porteurs*, indifféremment parallèles ou antiparallèles avec le champ électrique. En effet, le renversement de l'aimantation n'a jamais entraîné de variations des effets électriques considérés ici.

II. L'un de nous a proposé une théorie dont une des conséquences est la liaison de l'ensemble des effets magnétogalvaniques et magnétothermoélectriques au champ moléculaire. Aux termes de cette théorie, les phénomènes ici étudiés sont des *effets du second ordre seulement*, manifestant une faible fraction d'un *pouvoir thermoélectrique spontané*, qui est, lui, une part notable du pouvoir thermoélectrique réel. La différence $(\Delta \| - \Delta \perp)_{\text{sat.}}$ cal-

---

(¹) Séance du 26 février 1934.

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 810.

culée plus haut représente alors *l'anisotropie thermoélectrique spontanée moyenne du groupement élémentaire saturé*. Mais en outre, dans cette interprétation, non seulement cette différence est une propriété intrinsèque du métal, mais encore $\Delta E \parallel$ et $\Delta E \perp$ *séparément* sont des grandeurs intrinsèques dans lesquelles n'entre *aucune part de potentiel de contact*.

Ce résultat a encore la signification relative suivante : le pouvoir thermoélectrique propre $E_{th}$ est *plus élevé* d'environ 3/4 pour 100 parallèlement à l'aimantation spontanée que normalement à ce vecteur. Nous faisons usage ici de valeurs encore inédites de $E_{th}$ (distinctes du coefficient $\sigma$ de l'effet Thomson).

III. Ces conséquences numériques sont de nature à faire apparaître moins surprenantes les différences si caractérisées entre les ferromagnétiques. Il suffit que la rotation des vecteurs $\mathfrak{J}_w$ par rapport aux directions réticulaires entraîne des variations de *quelques millièmes* du phénomène principal (spontané) pour qu'elles se traduisent par des effets *observables de quelques dixièmes*. Des réseaux différents comme ceux de Fe et de Ni peuvent alors très bien impliquer des lois d'allures nettement distinctes sans mettre en discussion les bases de la théorie.

IV. La théorie ici invoquée prévoit (comme pour la résistivité) que le rapport $\Delta E \parallel / \Delta E \perp$ doit se rapprocher de $-2$ vers la saturation. L'expérience donne ici $-2,2$ pour Ni, $-1,8$ pour Fe. Il convient de remarquer que la justification théorique suppose le milieu étudié rigoureusement isotrope par compensation en l'absence de champ magnétique.

V. L'aspect des fonctions expérimentales et la discussion ci-dessus font déjà ressortir *qu'il n'y a pas de relation simple entre nos effets longitudinaux et l'aimantation observable* $\mathfrak{J}$. Il ne saurait y en avoir une puisqu'une rotation de $\mathfrak{J}_w$ de $\pi$ dans n'importe quel groupement de la mosaïque ne modifie pas les phénomènes longitudinaux. La même intensité de l'effet peut correspondre à une infinité de valeurs de $\mathfrak{J}$. Mais l'ambiguïté se réduit progressivement dans les champs quelque peu intenses. La théorie y fait prévoir, de même que pour la magnéto-résistance, et pour les mêmes raisons, une loi d'approche à la saturation du type quadratique soit essentiellement de la forme $1-(\mathfrak{J}/\mathfrak{J}_w)^2$.

On remarque encore que les variations relatives des effets, observées dans des champs supérieurs à quelques centaines de gauss, sont notablement supérieures à celles de l'aimantation dans les mêmes intervalles. On trouvera sans grande difficulté l'explication de ce fait dans les propositions théoriques ci-dessus; nous y reviendrons autre part.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Expériences sur la diffraction de la lumière par des ultrasons.* Note [1] de MM. **P. Debye**, **H. Sack** et **F. Coulon**, présentée par M. M. Brillouin.

La théorie [2] de la diffraction de la lumière par les ultrasons [3] prédit que les spectres des différents ordres auront des fréquences $\nu$ un peu différentes de celle $\nu_0$ de la lumière incidente; pour un ultrason de fréquence $\nu'$, l'onde diffractée lumineuse d'ordre $\pm n$ doit avoir une fréquence $\nu_0 \pm n\nu'$. Cette différence de fréquence est extrêmement petite : pour la raie verte du mercure ($\lambda$ 5460 Å) et les ultrasons de fréquence $10^7$, la variation de longueur d'onde $\Delta\lambda$ dans le premier ordre, est de $10^{-4}$ Å; il s'agit donc d'un effet très difficile à mesurer. Nous voulons décrire ici une méthode expérimentale simple, quoique indirecte, pour prouver l'existence de cet effet; c'est aussi une méthode de mesure de la vitesse des ultrasons [4].

Les spectres fournis par un réseau ordinaire sont cohérents, et l'on peut faire interférer les faisceaux d'ordre $+1$ et $-1$, par exemple. La lumière diffractée par un ultrason donne dans les ordres $\pm 1$, des fréquences différentes, qui ne peuvent interférer. Il reste pourtant, entre ces deux faisceaux, une certaine relation de phase, comme entre deux rayons ayant subi des effets Döppler opposés. Supposons qu'en un point on superpose ces deux vibrations, et que les chemins optiques soient $x_1$ pour le faisceau d'ordre $+1$, et $x_2$ pour celui d'ordre $-1$; l'amplitude résultante est de la forme

$$A = \cos 2\pi\left(\nu' t - \frac{x_1 - x_2}{2\lambda}\right),$$

$\lambda$ est la longueur d'onde lumineuse; l'intensité varie donc avec une fréquence $2\nu'$ double de celle des ultrasons; on peut aussi dire qu'on obtient un système de franges se mouvant avec une vitesse de l'ordre de celle des ultrasons, et à calculer suivant la formule.

---

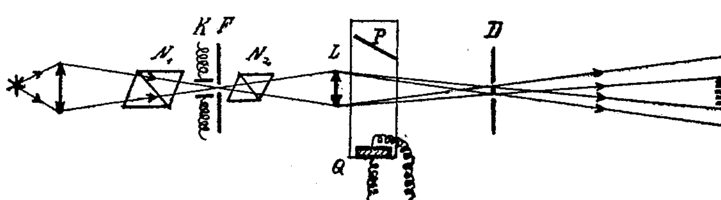
(1) Séance du 26 février 1934.

(2) L. Brillouin, *Ann. de Phys.*, 17, 1921, p. 103; *Act. Sc. et Ind.*, 59 (Hermann, Paris, 1933); P. Debye, *Phys. Zts.*, 33, 1932, p. 849.

(3) Debye et Sears, *Proc. Nat. Acad.*, 18, 1932, p. 409; *Sächs. Akad.*, 84, 1932, p. 125; Biquard et Lucas, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2132; 195, 1932, p. 121; *Journ. de Phys.*, 3, 1932, p. 464.

(4) P. Debye, à une conférence à la Société de Physique de Berlin (5 mai 1933), indiqua la première fois la possibilité de ces expériences; ses essais furent continués par Sack et Coulon.

Les franges seront de nouveau visibles, par stroboscopie, si l'on éclaire avec le rythme $2\nu'$. Cela se réalise en intercalant une cellule de Kerr, excitée par une tension alternative de fréquence $\nu'$ (si l'on ajoute à la tension alternative une tension constante, la cellule de Kerr interrompt la lumière au rythme $\nu'$ et l'on peut observer des interférences entre les faisceaux d'ordre 0 et 1). Si les ultrasons donnent des ondes stationnaires, on trouve dans le faisceau d'ordre $+1$ une superposition des deux fréquences $\nu_0 \pm \nu'$; et de même dans l'ordre $-1$; on peut donc observer directement des interférences.




La figure montre le dispositif expérimental; la lumière concentrée sur une fente F traverse deux nicols $N_1$, $N_2$ et une cellule de Kerr K (nicols à 45° des plaques de la cellule), puis une cuvette à faces planes parallèles, contenant le quartz Q immergé dans un liquide (dans notre expérience, $C^2H^2Cl^4$). Une lentille L donne une image de la fente en D; on dispose en D un diaphragme percé de deux ouvertures, laissant passer les spectres que l'on veut étudier (les ordres $\pm 1$, par exemple, ou 0, $+1$). La lumière converge, derrière le diaphragme D, et l'on observe des interférences dans la partie commune aux deux faisceaux. La cellule de Kerr K et le quartz Q sont reliés à une même bobine de self-induction couplée à un oscillateur entretenu ($\nu' = 10^7$ environ). Les ultrasons donnent, en général, dans la cuve des ondes stationnaires : on voit donc tout de suite les interférences, même sans mettre en jeu la cellule de Kerr. On détruit les ondes stationnaires en mettant dans la cuve une plaque P oblique; les interférences disparaissent alors, et ne réapparaîtront que si l'on met en marche la cellule de Kerr. La théorie montre que ce phénomène d'interférences est indépendant de la couleur de la lumière, ce qui permet d'utiliser une lampe à arc. La longueur d'onde de l'ultrason (donc sa vitesse) peut être déterminée par la distance des franges.

On peut varier ces expériences de bien des façons, et faire interférer divers ordres de diffraction; on peut même supprimer l'écran D et faire interférer tous les spectres; les franges subsistent toujours et donnent une

« image » des ondes ultrasonores (1). Nous publierons prochainement une étude complète de ces expériences.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Sur les phénomènes de diffraction de Fresnel avec une source large.* Note de M. **F. Wolfers**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai repris l'étude des figures de diffraction d'un écran à bord rectiligne éclairé par une fente parallèle de largeur F variable. Il y a superposition des franges de diffraction classiques D et des franges supplémentaires $\Sigma$; j'appellerai $D_i$ les maxima de diffraction, $\Sigma_k$ ceux des franges supplémentaires, et de même $d_i$ et $\sigma_k$ les minima des deux systèmes ($i, k = 1, 2, 3, \ldots$). Pour avoir une représentation indépendante des conditions particulières d'observation, nous prendrons pour unité de longueur la valeur de $p = \sqrt{\lambda b(a+b)/2a}$ (notations habituelles), pour mesure de F la largeur de la pénombre géométrique $s = b/a\,F/p$; l'unité d'intensité sera l'intensité dans le plan d'observation supposé éclairé librement avec $s = 1$.

Dans mes expériences actuelles, la seule variable (outre le temps de pose) était F (de 0 à $5^{mm}$); on avait $a = 70^{cm}$ et $b = 35^{cm}$ environ, $\lambda = 4355{,}6$ Å (raie Hg), $p = 0^{mm},3367$ à moins du millième près. L'écran était une lame de rasoir à deux bords parallèles et l'on mesurait la distance des franges qui se correspondaient de part et d'autre. De très nombreux clichés furent pris sur plaques à grain fin. Les premiers résultats, résumés ci-après, ont été obtenus avec une machine à mesurer les spectres.

1. Pour les D, l'expérience vérifie *en détail* les prévisions théoriques, telles que je les ai traduites par des courbes (2). F allant en croissant, la netteté des premières franges (j'en ai compté 32 pour $s = 0{,}07$) ne diminue guère que pour $s > 0{,}3$ et très irrégulièrement. Vers 0,5 tout disparaît au delà de $D_3$, mais vers 0,7 on voit de nouveau jusqu'à $D_6$. $D_4$ disparaît vers 1,35 et reparaît vers 1,5; $D_2$ disparaît si $s > 5$; *quant à* $D_1$, *elle reste toujours très visible*, *quel que soit* F, même pour l'observation directe à l'œil

(1) L'expérience est analogue à celle d'Abbe sur le pouvoir séparateur du microscope. Bachen, Hiedemann et Asbach ont décrit (*Nature*, janvier 1934) très brièvement une expérience qui semble analogue à la nôtre; nous ne pouvons la comparer exactement, faute de renseignements détaillés.

(2) *Journ. Phys.*, 6, 1925, p. 395; *Ann. Phys.*, 7, 1927, p. 260.

nu et contrairement à ce que laissent croire les rares traités qui abordent la question. On remarque aussi que $d_1$ est estompé et très élargi pour 0,9; de même $D_2$ pour 0,8 et $D_3$ vers 0,6. Tout cela résulterait de l'examen des courbes.

2. *Les* $\Sigma$ *se superposent aux* D *de façon évidente dès que* $s > 1$ ($F = 1^{mm},5$); il en résulte une étonnante diversité d'aspect que la théorie classique ne prévoit pas. Les $\Sigma$ suivent le bord O de l'ombre géométrique à des distances invariables et conformes à la théorie que j'en ai donnée [1]. Les D suivent extérieurement, et avec des fluctuations, le bord géométrique de la pénombre. Il s'ensuit que, F augmentant, *les deux systèmes se croisent*, les $\Sigma$ restant visibles même en dehors de la pénombre, contrairement à ce que j'avais cru d'abord (*Ann. Phys.*, *loc. cit.*, p. 296).

Pour $s = 1,35$ $\sigma_2$ se trouve sur $D_1$; cette frange, large et noire sur les clichés, porte alors sur sa crête un *sillon clair*. Vers 0,9 $\sigma_2$ vient à côté de $d_1$ qui paraît très élargi. Vers 0,85 $\sigma_3$ vient sur $D_2$ et cette frange, d'ailleurs très large (§ 1) prend l'aspect remarquable d'un *doublet*. Pour $s > 2,5$ environ, les $\Sigma$ ne se voient plus qu'entre O et $D_1$, entièrement séparés des D.

3. Des propriétés étranges sont révélées si l'on construit, en fonction de $s$, les abscisses des D et des $d$ à partir d'un point fixe du plan d'observation : $O_0$ pour $s = 0$. Les distances $O_0D_i$, $O_0d_i$ *varient par sauts brusques* et restent constantes entre les sauts (parfois à moins de 1 pour 100 près). Les positions de ces sauts obéissent à des lois remarquablement simples sur lesquelles nous aurons à revenir.

Nous conclurons aujourd'hui que les D ne pourraient servir à mesurer les dimensions des sources, qui sembleraient varier comme par quanta. Tous les faits concernant les D ont été d'abord obtenus graphiquement par intégrations d'intégrales de Fresnel; mais il semble bien que, si l'expérience les avait décelés *avant* la théorie, c'est dans le langage du discontinu qu'on eût été amené à en rechercher une expression simple.

---

[1] *Journ. Phys.*, 6, 1925, p. 354.

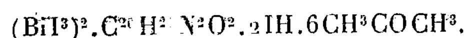
CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques solubilités de l'iodobismuthate de quinine.* Note de M. **Picon**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Si l'insolubilité de l'iodobismuthate de quinine est bien connue et appliquée pour la préparation de ce sel ainsi que pour la recherche ou le dosage du bismuth ou de l'alcaloïde, on a signalé un seul dissolvant de ce composé, l'acétone, et sans fournir de données quantitatives. Nous étudions dans cette Note la solubilité dans l'acétone, la cyclohexanone et le diéthylèneglycol.

Avec l'acétone, il se produit un phénomène assez complexe qui aboutit à la formation de deux couches liquides, de densités très différentes. En opérant avec des corps parfaitement desséchés et un iodobismuthate correspondant à la formule $(BiI^3)^2.C^{20}H^{24}N^2O^2.2IH$, on constate qu'il ne se produit pas de dissociation du sel et que a solubilité est nettement plus faible à chaud qu'à froid.

L'addition d'acétone à l'iodobismuthate fournit un dégagement de chaleur très net. Les produits formés étant fluides et visqueux, nous n'avons pu isoler de combinaison définie, et nous avons utilisé le dégagement de chaleur pour déterminer par calorimétrie la composition de la combinaison formée. En opérant dans un petit récipient Dewar afin d'assurer l'isolement thermique, on constate que la température s'élève progressivement par addition d'acétone jusqu'à ce que l'on ait utilisé $6^{mol}$ de dissolvant pour 1 du sel.

On obtient donc ainsi un composé ayant la formule suivante :



$$(BiI^3)^2.C^{20}H^{24}N^2O^2.2IH.6CH^3COCH^3.$$

La détermination de la tension de vapeur des mélanges ne nous a pas fourni de résultat probant, car la très forte viscosité des produits empêche en un temps acceptable la réalisation de la pression d'équilibre.

La démonstration de l'existence d'une combinaison cétonique permet d'expliquer les particularités de la solubilité du sel dans l'acétone. En effet, si l'on ajoute une proportion de dissolvant inférieure à 6 molécules, soit à 20 pour 100 en poids, le sel reste partiellement à l'état pulvérulent. Avec 6 molécules d'acétone, le corps devient parfaitement fluide, mais il est très visqueux. Après quelques heures de repos, il est parfaitement limpide et a une couleur rouge rubis. Si la quantité d'acétone augmente

mais ne dépasse pas 60 pour 100 en poids, il y a miscibilité, il ne se forme qu'une couche liquide correspondant à une solution d'acétone en excès dans la combinaison cétonique d'iodobismuthate.

En augmentant encore la quantité de dissolvant on observe, à la température ordinaire, la formation d'une seconde couche, plus légère que la précédente, correspondant à la solution du sel dans l'acétone. Nous sommes ainsi en présence de deux liquides conjugués, le plus dense correspondant à la combinaison cétonique saturée d'acétone et le plus léger étant constitué par le dissolvant saturé de sel.

Nous fournissons dans le tableau suivant les résultats quantitatifs obtenus à différentes températures.

| Température | 9°. | 19°. | 29°. | 39°. | 49°. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Solution légère.* | | |
| Densité | 0,8159 | 0,8063 | 0,7981 | 0,7882 | 0,7793 |
| Concentration (1) | 2,64 | 1,97 | 1,54 | 1,11 | 0,8 |
| | | | *Solution dense.* | | |
| Densité | 1,473 | 1,544 | 1,609 | 1,673 | 1,732 |
| Concentration (1) | 94,20 | 104,9 | 115,3 | 123,2 | 130,2 |

Si le dissolvant employé contient de l'eau, les solubilités changent sans que toutefois on observe une dissociation pour des proportions d'eau ne dépassant pas 10 pour 100 dans le dissolvant. Au-dessus de cette teneur, il se forme un précipité d'oxyiodure de bismuth. Par contre, une quantité d'eau de 0,5 pour 100 en poids permet d'obtenir une seule couche liquide si la température ne dépasse pas 15°. A 19°, les deux solutions conjuguées ont, comme concentration, $20^g$ pour $100^{cm^3}$ dans la légère et $72^g,64$ dans la lourde.

Avec 4 pour 100 d'eau, on observe que le liquide reste en couche unique quelle que soit la température. L'acétone ainsi hydratée représente donc un dissolvant qui est miscible avec l'iodobismuthate de quinine et qui peut être avantageusement employé pour la purification des produits industriels. Nous n'avons pu déterminer la composition des hydrates qui se forment dans les solutions cétoniques hydratées, car il s'agit de corps liquides et les dégagements de chaleur produits sont très faibles.

Dans la cyclohexanone, la solubilité s'effectue en toutes proportions;

(1) Grammes de sel dans $100^{cm^3}$ de solution.

pour des concentrations élevées, on obtient un liquide de plus en plus visqueux et même une véritable pâte. L'insolubilité de ce dissolvant dans l'eau permet d'extraire l'iodobismuthate de quinine en suspension dans ce dernier liquide. On peut donc, lors d'un dosage soit du bismuth, soit de la quinine, et après précipitation à l'état d'iodobismuthate en milieu aqueux, rassembler ce sel dans un très petit volume de cyclohexanone par agitation avec ce dissolvant. On obtient ainsi une solution très fortement colorée qui permet d'effectuer des dosages colorimétriques sur de très faibles quantités de matière. Avec le bismuth, la sensibilité atteint 1/1000e de milligramme, elle est de l'ordre de celle qui fut obtenue par Fourneau et Girard en employant l'iodobismuthate de tétracétylammonium et la benzine. L'utilisation de la cyclohexanone présente cependant un avantage; car un seul métal, le thallium, nous a donné un iodobismuthate colorant ce dissolvant, alors que plusieurs corps fournissent des causes d'erreur avec le sel de tétracétylammonium.

Enfin le diéthylèneglycol peut fournir des solutions très concentrées, le mélange pouvant rester limpide même lorsque la consistance devient pâteuse. Les solutions ainsi obtenues peuvent être injectées aux animaux sans que l'on observe des phénomènes toxiques si l'on n'utilise pas des doses supérieures à celles qui sont supportées avec d'autres sels solubles dans l'eau ou dans l'huile.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches polarimétriques sur la narcotine.* Note [1] de M. **Pariselle**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait depuis longtemps [2] que les solutions chlorhydriques de narcotine sont dextrogyres alors que cet alcaloïde est fortement lévogyre dans les solvants organiques. Le but de ce travail a été de rechercher d'une façon systématique les conditions de l'inversion du pouvoir rotatoire de la narcotine pour en donner une explication rationnelle, ce qui m'a amené à étudier les variations de ce pouvoir rotatoire avec l'acidité ou la basicité de la solution. Afin de pouvoir comparer entre eux les résultats, j'ai ramené les mesures polarimétriques à la molécule de l'alcaloïde; les pouvoirs rotatoires moléculaires $[\alpha]_m$ ici indiqués sont relatifs à la raie verte du

---

(1) Séance du 19 février 1934.

(2) Bouchardat, *Ann. de Ch. et Ph.* 3e série, 9, 1843, p. 224.

mercure et à la température de 17°; la dispersion rotatoire Δ correspond aux raies indigo et jaune.

*Étude du chlorhydrate de narcotine.* — La narcotine est soluble dans l'eau en présence d'acide chlorhydrique et le pouvoir rotatoire moléculaire du chlorhydrate formé dépend de la concentration de la solution et de sa teneur en acide; il varie de +195° ($1^{mol}$ de narcotine et $1^{mol}$ d'acide dans $10^{l}$ d'eau) à +240° ($1^{mol}$ de narcotine et $30^{mol}$ d'acide dans $15^{l}$ d'eau). La dispersion de ces solutions est *anormale* et varie de 1,23 à 1,35. Par contre la narcotine a une dispersion normale ($[\alpha]_m = -1006°$; $\Delta = 2,44$) ainsi que son chlorhydrate (1) en solution chloroformique ($[\alpha]_m = +650°$; $\Delta = 1,96$).

En utilisant le diagramme de Darmois (2), j'ai constaté que les solutions aqueuses et chlorhydriques de chlorhydrate de narcotine renferment un mélange en proportions variables de narcotine libre et de son chlorhydrate.

*Étude des solutions basiques de narcotine. Ouverture de la chaîne lactonique.* — Si la narcotine n'est pas attaquée par les solutions étendues de soude ou de potasse et ne s'y dissout pas, cela tient à ce qu'elle n'est pas mouillée par ces solutions. En faisant agir la soude en léger excès (3), sur une solution hydroalcoolique de narcotine, je suis arrivé à ouvrir la chaîne lactonique de cet alcaloïde; le sel alcalin obtenu a, en solution aqueuse, les constantes polarimétriques suivantes : $[\alpha]_m = +273°$, $\Delta = 1,94$.

En ajoutant à la solution aqueuse précédente des proportions croissantes d'acide chlorhydrique, le pouvoir rotatoire diminue, devient négatif et atteint son maximun (valeur absolue) lorsqu'on a versé une quantité d'acide équivalente a la quantité de soude utilisée. Le composé ainsi obtenu en solution aqueuse est le N-chlorhydrate du sel de sodium précédent : $[\alpha]_m = -587°$; $\Delta = 1,9$. Ce corps, instable, se transforme peu à peu en *narcotine* qui précipite, la lactonisation se produisant par départ simultané d'eau et de chlorure de sodium.

Si l'on continue à ajouter de l'acide chlorhydrique, la solution acide est alors le siège d'une mutorotation très nette; en 48 heures, le pouvoir rota-

---

(1) J'ai pu obtenir ce chlorhydrate anhydre à l'état de pureté en précipitant par le gaz chlorhydrique une solution de narcotine dans le tétrachlorure de carbone : le chlorhydrate pharmaceutique est hydraté et légèrement déficient en acide.

(2) *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 195.

(3) En utilisant une porportion équimoléculaire de soude, la réaction est incomplète et en chassant l'alcool on obtient, sous forme de précipité, la fraction de la narcotine qui n'a pas réagi.

toire moléculaire (¹) passe de — 480° à + 230°, valeur correspondant au chlorhydrate de narcotine en solution aqueuse. Là encore, la loctonisation se fait lentement.

*Conclusions.* — Il résulte de ces expériences que la narcotine, lévogyre en milieu organique ou neutre, est dextrogyre en solution acide ou basique. Ces changements de signe ne sont pas dus à des modifications moléculaires très profondes et définitives car toujours on peut régénérer une narcotine identique optiquement au produit initial; ils s'expliquent bien en admettant que le groupe méconique peut tourner autour de la valence qui le relie au noyau tétrahydroisoquinoléique (²), sa position d'équilibre résultant des actions réciproques des groupements carbonylé et azoté : l'action est attractive en milieu neutre (forme lévogyre) et répulsive en milieux acide ou basique (forme dextrogyre).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le potentiel d'oxydoréduction du système xanthine ⇌ acide urique.* Note de Mlle **Sabine Filitti**, présentée par M. J. Perrin.

Dans une Note précédente (³) j'ai montré qu'il était possible de déterminer le potentiel d'oxydoréduction du système hypoxanthine ⇌ acide urique en faisant réagir les constituants de ce système en présence d'une diastase et d'un corps électroactif convenablement choisi : le chlorure de diméthyl-γγ'-dipyridil. La mesure électrométrique du potentiel du mélange, lorsque l'équilibre est atteint, a permis d'évaluer le potentiel normal de ce système d'une manière approchée, car il fallait encore tenir compte de la dissociation de l'hypoxanthine. C'est pourquoi j'ai déterminé par la méthode de solubilité la constante de dissociation acide de ce corps; la valeur obtenue est :

$$K_H = 2,12 . 10^{-12}.$$

On peut alors, en tenant compte des constantes de dissociation de

(¹) Ces nombres correspondent à l'expérience suivante : narcotine $1^g,03$, NaOH normale $6^{cm^3}$; ClH normal $8^{cm^3},6$.

(²) Un mécanisme analogue a été proposé par R. Lucas au sujet des changements de pouvoirs rotatoires des dérivés tartriques (*Ann. de Phys.*, 10e série, 9, 1928, p. 381).

(³) S. Filitti, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1212.

l'hypoxanthine et de l'acide urique exprimer le potentiel du système par l'équation

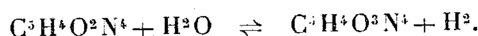
$$E_h = E_0 - \frac{RT}{4\mathcal{F}}\frac{1}{0,4343}\log\frac{(\text{hypox.})}{(\text{ac. urique})} - \frac{RT}{4\mathcal{F}}\frac{1}{0,4343}\log\frac{[H^+]}{K_H+[H^+]}$$
$$\times\frac{K_1K_2K_3+K_1K_2[H^+]+[H^+]^2K_1+[H^+]^3}{[H^+]^3}+\frac{RT}{\mathcal{F}}\frac{1}{0,4343}\log[H^+]$$
$$K_1 = 8.10^{-6},\qquad K_2 = 7.10^{-10},\qquad K_3 = 6.10^{-11},$$

étant les trois constantes de dissociation de l'acide urique déterminées électrométriquement par E. G. Young, et (hypox) et (acide urique) représentant la somme des quantités d'hypoxantine et d'acide urique dissociés et non dissociés.

On obtient ainsi, pour l'énergie libre de l'oxydation de l'hypoxantine en acide urique, la valeur

$$\Delta E = 4.\mathcal{F}.E_0 = 5720^{cal}.$$

J'ai effectué, en présence de la même diastase, la xanthinoxydase, et du même colorant, des mesures analogues avec des mélanges de xanthine et d'acide urique, de manière à déterminer l'énergie libre de la réaction



$$C^5H^4O^2N^4 + H^2O \rightleftharpoons C^5H^4O^3N^4 + H^2.$$

Toutes les déterminations ont été effectuées dans des solutions tampon de phosphate de sodium moléculaire de oH 7,35 à 38°, la xanthine étant dissoute préalablement dans NaOH $n/10$ et l'acide urique dans du tampon de Benedict [$9^g\,PO^4NaH$ et $1^g\,PO^4NaH^2$ pour $1000^{cm^3}\,H^2O$]. On opère dans des tubes Thunberg-Borsook. Le pH final des solutions est mesuré au moyen de l'électrode d'hydrogène dans les tubes mêmes à la température où l'équilibre a été atteint.

Le tableau suivant indique les valeurs du potentiel $E_h$ obtenues au bout de 24 heures environ et qui se maintient à ce même niveau pendant une dizaine de jours.

Tous les tubes contiennent $1^{cm^3}$ de xanthine $1,46.10^{-2}\,m$, $1^{cm^3}$ de solution de diastase à 1 pour 100, $1^{cm^3}$ de chlorure de diméthyldipyridil $10^{-3}\,m$, $2^{cm^3}$ de tampon $m$ de phosphate de sodium. Le tube 1 contient en outre $1^{cm^3}$ de tampon de Benedict, les tubes 2, 3 et 4 $1^{cm^3}$ d'acide urique $1,46.10^{-2}\,m$.

| | 1. | | 2. | | 3. | | 4. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $E_h$. | pH. | $E_h$. | pH. | $E_h$. | pH. | $E_h$. | pH. |
| Série 1... | −0,446 | 7,70 | −0,420 | 7,65 | −0,420 | 7,64 | 0,419 | 7,64 |
| Série 2... | −0,445 | 7,67 | 0,421 | 7,70 | −0,419 | 7,66 | −0,422 | 7,60 |
| Série 3... | – | – | 0,420 | 7,65 | −0,420 | 7,65 | −0,419 | 7,60 |

L'équation de l'électrode est :

$$E_h = E_0 - \frac{RT}{2\mathcal{F}}\frac{1}{0,4343}\log\frac{(\text{xanth.})}{(\text{ac. urique})} - \frac{RT}{2\mathcal{F}}\frac{1}{0,4343}\log\frac{K_1K_2K_3+K_1K_2[H^+]+K_1[H^+]^2+[H^+]^3}{[H^+]^3+[H^+]^2K_{1x}+[H^+]K_{1x}K_{2x}}+\frac{1}{0,4343}\frac{RT}{\mathcal{F}}\log[H^+],$$

où $K_{1x} = 1,18.10^{-10}$, $K_{2x}$ représentent les constantes de dissociation de la xanthine.

On a supposé, ainsi que précédemment, les activités égales aux concentrations.

Wood a déterminé par la même méthode de la solubilité la valeur de $K_{1x}$. Nous admettons pour la seconde constante une valeur voisine de $10^{-10}$.

La moyenne des résultats obtenus pour le potentiel du mélange équimoléculaire de xanthine et d'acide urique est :

$$E_0 = +0,113 \text{ volt} \pm 0,0015.$$

*La variation d'énergie libre correspondant à la réaction est égale à*

$$\Delta = 2\mathcal{F}E_0 = 5220^{\text{cal}}.$$

A ce propos, il est intéressant de rappeler que, d'après les données de Berthelot, la chaleur de réaction à pression constante est $(-12000^{\text{cal}})$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essai de fractionnement d'hydrogène par diffusion à travers le palladium.* Note (1) de MM. **Victor Lombard** et **Charles Eichner**, présentée par M. C. Matignon.

I. Les observations suivantes remontent à l'époque de nos premières recherches sur la diffusion de l'hydrogène dans le vide à travers le palladium avec des lames de $0^{\text{mm}},314$; $0^{\text{mm}},199$; $0^{\text{mm}},105$ d'épaisseur (2). Nous avons constaté que, pour obtenir des valeurs comparables de la diffusion, il était nécessaire d'entretenir un courant assez rapide d'hydrogène purifié sur la face de nos lames opposée au vide et que la valeur de la diffusion était une fonction nettement croissante de la vitesse du courant d'alimentation, au moins pour les faibles valeurs de cette dernière.

(1) Séance du 19 février 1934.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1919; **195**, 1932, p. 322; *Bull. Soc. chim.*, **51**, 1932, p. 1462-1486.

La question se posait : Pourquoi la vitesse de diffusion variait-elle avec celle du courant d'alimentation ? ... Pour essayer d'en déterminer la véritable cause, nous avons intercalé dans notre appareil un dispositif permettant : *a.* d'une part d'emmagasiner séparément de l'hydrogène ayant diffusé à travers une lame de palladium et de l'hydrogène ayant passé à son contact, dans la chambre à gaz, sans la traverser; *b.* d'autre part, de faire repasser l'une et l'autre fraction de gaz devant la paroi diffusante.

II. *Essais.* — Avec une lame de palladium de $0^{mm},051$, nous avons obtenu, à partir d'hydrogène électrolytique purifié (HEP), des fractions d'hydrogène non diffusé (HND) et diffusé (HD) à pouvoirs diffusants nettement différents, comme nous l'avons constaté par les deux méthodes suivantes.

*Première méthode.* — Nous avons fait des mesures à la façon ordinaire en faisant passer devant notre lame un courant rapide soit de HND, soit de HD. Voici les valeurs de la diffusion trouvées (diffusion dans le vide) :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| HND ($cm^3$).......... | 346 | 332 | 322 | 322 | Moyenne : 330 |
| HD ($cm^3$)........... | 413 | 405 | 402 | – | » 407 |

*Deuxième méthode.* — Nous avons rempli la chambre à gaz de notre appareil successivement avec des gaz HND, HD et HEP, et nous avons observé dans chaque cas (le vide étant maintenu sur l'autre face de la lame) comment diminuait avec le temps la pression dans la chambre à gaz. Nous donnons ci-après, avec indications du temps de chaque mesure, quelques-unes des nombreuses valeurs (environ 200) de la pression relevées (en millimètres de mercure) :

| Temps (minutes). | HD. | HEP. | HND. | Temps (minutes). | HD. | HEP. | HND. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0...... | 783 | 775 | 778 | 14..... | 591 | 618 | 716 |
| 5...... | 700 | 715 | – | 15..... | 584 | 609 | 711 |
| 6...... | 688 | 702 | – | 20..... | 539 | 562 | 696 |
| 7...... | 675 | 688 | – | 25..... | 498 | ? | 684 |
| 8...... | 662 | 677 | – | 30..... | 461 | ? | 671 |
| 9...... | 650 | 666 | – | 35..... | 425 | 479 | 661 |
| 10...... | 689 | 656 | 729 | 40..... | 395 | 455 | 651 |
| 11...... | 627 | 645 | 726 | 50..... | 341 | 415 | 634 |
| 12...... | 617 | 635 | 721 | 60..... | 295 | 381 | ? |
| 13...... | 605 | 626 | 720 | | | | |

III. Nos conclusions étaient alors les suivantes : L'examen des condi-

tions expérimentales de nos déterminations nous fait fortement douter que les différences de pouvoir diffusant constatées soient dues à l'accumulation d'impuretés gazeuses dans l'hydrogène HND, .... Il reste une hypothèse, qui nous paraît plausible malgré son caractère un peu audacieux, hypothèse qui nous est venue à l'esprit dès les constatations de la vitesse du courant d'alimentation sur celle de diffusion de l'hydrogène et qui consiste à supposer que les fractions gazeuses HEP, HD, HND contenaient des proportions différentes des variétés allotropiques d'hydrogène, ces derniers ayant des pouvoirs diffusants différents.

Le texte intégral de notre travail sera publié prochainement dans un autre Recueil.

PHYSICOCHIMIE. — *Étude du point de ramollissement des corps vitreux par l'analyse thermique différentielle.* Note de M. **Édouard Rencker**, présentée par M. Ch. Fabry.

Un corps vitreux présente au début de son ramollissement une variation brusque de son coefficient de dilatation ([1]). Il en est de même des coefficients de température de toutes les propriétés physiques, comme l'ont montré de nombreux auteurs. La température correspondante a été appelée point de transformation ou point de ramollissement. Les différents mémoires ne s'accordent pas tout à fait au sujet des propriétés thermiques. Tous les auteurs admettent que la chaleur spécifique est plus grande au-dessus du point de transformation qu'au-dessous. Certains d'entre eux ne voient en ce point qu'une simple variation de chaleur spécifique ([2]); d'autres, par contre, croient à l'existence d'une chaleur de transformation analogue à l'effet thermique observé dans un changement d'état physique ou allotropique ([3]). Les recherches à ce sujet sont assez délicates car il ne peut s'agir que d'un effet thermique très faible et difficile à mesurer à cause de la mauvaise conductibilité calorifique des corps vitreux.

---

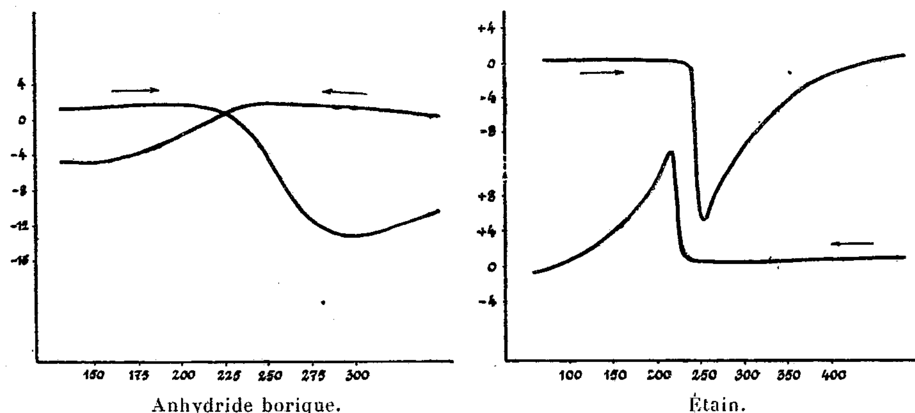
([1]) Rencker, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1049; 198, 1934, p. 571.

([2]) Tammann, *Zeitschrift für anorganische Chemie*, 190, 1930, p. 48.

([3]) Samsoen, *Annales de Physique*, 9, 1928, p. 355; Mondain-Monval et Samsoen, *Comptes rendus*, 181, 1926, p. 967; Tool et Valasek, *Bureau of standards scientific papers*, n° 358, 1920; Tool et Eichlin, *Journal of the optical Society of America*, 4, 1920, p. 340.

J'ai utilisé le galvanomètre double Le Chatelier-Saladin pour obtenir des diagrammes d'analyse thermique différentielle. Deux creusets sont placés l'un à côté de l'autre dans un four. L'un contient le corps étudié, l'autre un corps de référence ne présentant aucune anomalie dans l'intervalle considéré. Le galvanomètre double permet d'enregistrer en fonction de la température de l'échantillon étudié, la différence de température entre cet échantillon et le corps de référence. S'il n'y a pas de transformation, les deux creusets sont constamment à la même température; ou, tout au moins, leur différence de température toujours faible évoluera lentement et très régulièrement. Ceci n'est exact d'ailleurs qu'à condition d'avoir équilibré par tâtonnement les masses calorifiques. La netteté des phénomènes enregistrés dépend beaucoup de la vitesse d'échauffement ou de refroidissement.

Les diagrammes ainsi obtenus pour l'anhydride borique, l'acide métaphosphorique, le sélénium vitreux et le *Pollopas* sont tout à fait analogues




Anhydride borique. Étain.

Diagrammes d'analyse thermique différentielle. Les températures sont portées en abscisses, les ordonnées représentent les différences de température de l'échantillon et du corps de référence.

à ceux qu'a publiés Tool pour des verres industriels. Ce phénomène appartient donc à toutes sortes de corps vitreux. Les diagrammes obtenus à l'échauffement montrent que la différence de température change peu jusqu'au point de ramollissement. A ce moment le corps vitreux prend un retard sur le corps de référence. Ce phénomène présente une certaine analogie avec celui qui se produit pour un point de fusion ou au cours d'une transformation allotropique. On pourrait donc être tenté d'admettre l'existence d'une chaleur de transformation. La différence entre le diagramme du point de ramollissement de l'anhydride borique et celui du point de fusion de l'étain s'expliquerait alors par la mauvaise conductibilité des corps vitreux.

S'il en était ainsi, indépendamment de toute interprétation de cet effet

thermique, on devrait également observer au refroidissement un retard de l'échantillon étudié sur le corps de référence. En réalité, à partir du point de transformation, on observe au cours du refroidissement une avance, c'est-à-dire qu'à chaque instant l'échantillon se trouve à une température plus basse que le corps de référence. On est donc conduit à admettre qu'il y a simplement un changement de chaleur spécifique. La coïncidence de ce phénomène avec le début du ramollissement ainsi qu'avec le changement de coefficient de dilatation est aussi bonne que possible, étant donnée la précision des méthodes de mesure.

Le point de ramollissement semble marquer la séparation entre un état où la viscosité est infiniment grande et un état pâteux. On peut admettre que dans le premier les molécules ne participent qu'à des mouvements vibratoires comme dans les corps cristallisés, alors que dans le second elles possèdent en plus une certaine énergie de rotation et de translation. Par suite de l'absence d'un effet thermique à une température déterminée, on s'explique qu'il n'y ait pas de changement brusque de volume ni de viscosité comme cela se produit pour un point de fusion. Par contre, à la température où apparaît le nouveau degré de liberté, il y a une augmentation de la chaleur spécifique qui correspond à l'apport progressif de la nouvelle énergie cinétique. Ce changement de degré de liberté serait également la cause du changement brusque des coefficients de température de toutes les propriétés physiques sans qu'il y ait de variation de ces propriétés elles-mêmes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les méthodes chimiques de décapage des métaux légers et ultra-légers après corrosion.* Note [1] de MM. **Marcel Chaussain** et **Henri Fournier**, présentée par M. Léon Guillet.

Les divers travaux de Trillat [2], Whitby [3], Bastien [4] et les méthodes unifiées de l'*Aluminium Association* ont conduit à utiliser l'acide nitrique pour décaper l'aluminium et ses alliages et les solutions

---

(1) Séance du 19 février 1934.

(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 122, mai-juin 1915, p. 547.

(3) *Journal of Chemistry and Industry*, 10, 1931, p. 83.

(4) *Publication scientifique et technique du Ministère de l'Air*, n° 20, 1933, p. 1.

chromiques pour décaper le magnésium et les alliages ultra-légers après corrosion.

Il est reconnu que les acides nitrique et chromique dissolvent bien les produits de corrosion, mais que la passivité du métal n'est pas totale; à ce sujet les auteurs signalent seulement que l'attaque est peu appréciable.

Nous avons effectué quelques essais de décapage de ces métaux et comparé les pertes de poids résultant de l'oxydation due à la corrosion et de la dissolution du métal dans le décapant. Nous avons en outre étudié certains facteurs de l'essai, tels que : température, concentration, pureté de l'acide employé, durée de décapage, composition du métal.

Les résultats obtenus pour le décapage de l'aluminium et de ses alliages dans l'acide nitrique peuvent se résumer comme suit :

A. *Mesure de la perte de poids en fonction de la température de l'acide.* — La perte de poids du métal faible aux environs de 15 à 35° augmente assez rapidement avec la température de l'acide et très rapidement à partir de 80° jusqu'à l'ébullition. Pour assurer un bon décapage du métal, il faut opérer à une température moyenne comprise entre 60 et 70°, les températures inférieures ne provoquant pas complètement la dissolution des oxydes, les températures supérieures au contraire favorisant une trop forte attaque.

Les pertes de poids calculées en grammes par mètre carré, obtenues en 15 minutes avec l'acide nitrique pur ($d = 1,33$), sont les suivantes :

| | A 15°. | A 35°. | A 80°. | A 110°. |
|---|---|---|---|---|
| Sur aluminium sablé brut sans corrosion......... | 0,3 | 1,5 | 14 | 34 |
| Sur duralumin spécial au Ni Cr sablé sans corrosion. | 0,6 | 1,5 | 15 | 42 |

B. *Mesure de la perte de poids en fonction de la concentration de l'acide.* — La perte de poids du métal augmente avec la dilution de l'acide et présente un maximum. Les acides purs et dilués à 10 pour 100 donnent sensiblement les mêmes pertes de poids mais le phénomène chimique observé est différent. Les éprouvettes immergées dans l'acide pur sortent très brillantes et très bien décapées, au contraire il semble que les éprouvettes immergées dans l'acide à 10 pour 100 se ternissent légèrement. Les pertes de poids calculées en grammes par mètre carré, obtenues en 30 minutes à la température de 60°, sont les suivantes :

| | Acide pur $d = 1,33$. | Dilué à 75 %. | 40 %. | 10 %. |
|---|---|---|---|---|
| Sur aluminium sablé brut sans corrosion........... | 36 | 45 | 50 | 39 |
| Sur duralumin ordinaire sablé brut sans corrosion... | 49 | 61 | 83 | 45 |

C. *Mesure de la perte de poids en fonction du temps.* — Acide nitrique pur chauffé à 60-70° : sur métal sablé brut sans corrosion, la perte de poids augmente rapidement pendant les premières minutes de décapage pour croître ensuite proportionnellement au temps; sur métal corrodé, l'allure générale des courbes est la même, mais il faut décaper plus longtemps pour entrer dans la partie droite de la courbe. Cette région peut prendre des inclinaisons différentes suivant la plus ou moins grande corrosion du métal qui provoque une augmentation sensible de la surface de l'éprouvette en contact avec l'acide (Tableau).

Tableau. — *Mesure de la perte de poids en fonction du temps.*

| | Perte de poids en grammes par mètre carré. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Métal. | 1'. | 2'. | 5'. | 10'. | 30'. | 60'. |
| | *Éprouvettes sablées brutes.* | | | | | |
| Aluminium pur | 2,4 | 3,6 | 6,0 | 9,3 | 19,8 | 35,1 |
| Aluminium ordinaire | 1,8 | 2,7 | 5,1 | 8,1 | 17,7 | 31,8 |
| Duralumin normal | 4,2 | 6,0 | 9,0 | 12,9 | 25,8 | 45,6 |
| Duralumin spécial | 3,0 | 5,1 | 8,4 | 11,7 | 24,9 | 44,7 |
| | *Éprouvettes sablées corrodées.* | | | | | |
| Aluminium pur | 20,1 | 23,1 | 27,6 | 33,3 | 47,4 | 65,4 |
| Aluminium ordinaire | 29,4 | 32,1 | 36,0 | 40,5 | 54,0 | 69,9 |
| Duralumin normal | 64,5 | 69,6 | 78,6 | 91,2 | 135,3 | 194,1 |
| Duralumin spécial | 51,3 | 55,2 | 62,1 | 71,7 | 108,6 | 166,8 |

*Conclusions.* — On voit d'après ces quelques essais que la passivité de l'aluminium et de ses alliages n'est pas totale dans l'acide nitrique. Les pertes de poids mesurées sur les métaux bruts sont assez élevées et peuvent être comparables aux pertes de poids provoquées par une corrosion. Les pertes de poids des métaux corrodés augmentent toujours avec le temps de décapage et d'autant plus que la corrosion a été plus poussée et que la droite des pertes de poids en fonction du temps est plus inclinée. Pour mesurer correctement la perte de poids après corrosion il est donc nécessaire d'opérer le décapage dans des conditions toujours identiques ou d'utiliser une méthode permettant de corriger l'erreur commise. Notons que les conditions théoriquement identiques ne seront jamais atteintes car nous avons montré plus haut que les courbes des pertes de poids en fonction du temps pouvaient avoir des inclinaisons différentes. Nous employons une méthode simple et donnant de bons résultats. Dans le cas du décapage de

l'aluminium et de ses alliages par l'acide nitrique les éprouvettes sont immergées pendant 15 ou 20 minutes dans l'acide concentré chauffé à 60-70°. On détermine alors leur poids $p_1$. On recommence ensuite l'opération pendant le même temps et l'on détermine leur nouveau poids $p_2$. Le poids $p$ du métal brut de l'éprouvette est donné par la formule $p = 2p_1 - p_2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les mobilités relatives des radicaux propyle et isopropyle et de leurs dérivés mono- et dichlorés.* Note de MM. **Pierre Carré** et **Jean Pasche**, transmise par M. G. Urbain.

L'un de nous a déjà montré [1], par la détermination des températures de décomposition des chlorosulfites d'alcoyle, ROSOCl en RCl et $SO^2$, que l'introduction d'un élément négatif dans un radical alcoyle positif diminue l'aptitude migratrice de ce radical sur le chlore négatif.

Nous nous sommes proposé de comparer, par la même méthode, la mobilité du radical *n*-propyle $CH^3.CH^2.CH^2$—, avec celles de ses dérivés β-chloré $CH^2Cl.CH^2.CH^2$— et α.β-dichloré $CH^2Cl.CHCl.CH^2$—, ainsi que la mobilité du radical isopropyle $(CH^3)^2CH$—, avec celles de ses dérivés monochloré $(CH^3)(CH^2Cl)CH$—, et dichloré sym. $(CH^2Cl)^2CH$.

A cet effet, nous avons préparé, par les méthodes de P. Carré et D. Libermann [2] les chlorosulfites de ces alcoyles chlorés, puis nous avons déterminé leurs températures de décomposition ainsi qu'il a déjà été indiqué [1].

Le *chlorosulfite de β-chloropropyle* $CH^2Cl.CH^2.CH^2.OSOCl$, obtenu par l'action du chlorure de thionyle sur l'alcool β-chloroisopropylique, est un liquide distillant à 111-112° sous 21$^{mm}$.

Le *chlorosulfite d'α.β-dichloroisopropyle* $CH^2Cl.CHCl.CH^2.OSOCl$, obtenu de manière analogue à partir de l'alcool α.β-dichloropropylique, est un liquide distillant à 110-111° sous 3$^{mm}$ (il ne peut être distillé sons 15$^{mm}$ sans être partiellement décomposé).

Le *chlorosulfite de monochloroisopropyle* $(CH^3)(CH^2Cl)CH.OSOCl$ est un liquide distillant à 86-88° sous 20$^{mm}$; il est obtenu par la réaction du chlorure de thionyle sur le *sulfite neutre de monochloroisopropyle* $[(CH^3)(CH^2Cl)CH.O]^2SO$, liquide distillant à 155-158° sous 37$^{mm}$, lequel provient de la réaction de 1$^{mol}$ de chlorure de thionyle sur 2$^{mol}$ d'alcool monochloroisopropylique en présence de 2$^{mol}$ de pyridine.

Le *chlorosulfite de dichloroisopropyle sym.* $(CH^2Cl)^2CH.OSOCl$ est un liquide

---

(1) P. Carré, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1835; **196**, 1933, p. 1806.

(2) P. Carré et D. Libermann, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **53**, 1933, p. 1050.

distillant à 120° sous 22mm; il est obtenu, de manière analogue au précédent, par la réaction du chlorure de thionyle sur le *sulfite neutre de dichloroisopropyle* $[(CH^2Cl)^2CH.O]^2SO$, liquide distillant à 215° sous 30mm, lequel résulte de la réaction du chlorure de thionyle sur la dichlorhydrine symétrique de la glycérine en présence de pyridine.

Les températures de décomposition de ces chlorosulfites, en présence d'une quantité équimoléculaire de pyridine, sont les suivantes :

| Nature du radical R du chlorosulfite RO SO Cl. | Température de décomposition du chlorosulfite. |
|---|---|
| *n*-Propyle $CH^3.CH^2.CH^2$ | 34-35° |
| β-Chloropropyle $CH^2Cl.CH^2.CH^2$ | 51° |
| α.β-Dichloropropyle $CH^2Cl.CHCl.CH^2$ | 61° |
| Tert. Isopropyle $(CH^3)^2CH$ | 24° |
| Monochloroisopropyle $(CH^2Cl)(CH^3)CH$ | 39° |
| Dichloroisopropyle $(CH^2Cl)^2CH$ | 70° |

On voit que la substitution du chlore à l'hydrogène dans les chaînes hydrocarbonées *n*-propylique et isopropylique élève la température de décomposition des chlorosulfites correspondants, ainsi qu'il a déjà été constaté [1] pour la substitution du chlore à l'hydrogène dans le radical éthyle.

Ces résultats confirment donc que l'introduction du chlore négatif dans un radical positif diminue l'aptitude migratrice de ce radical sur le chlore négatif. La diminution de la mobilité est plus prononcée dans le cas des dérivés dichlorés, α.β-dichloropropyle et dichloroisopropyle sym., que dans le cas des dérivés monochlorés β-chloropropyle et monochloroisopropyle, ce qui était à prévoir.

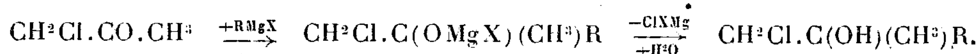
De plus la comparaison des différences entre les températures de décomposition des chlorosulfites de *n*-propyle et de β-chloropropyle (16°), ou d'isopropyle et de monochloroisopropyle (15°), avec les différences entre les températures de décomposition des chlorosulfites de β-chloropropyle et d'α.β-dichloropropyle (10°), ainsi qu'entre les températures de décomposition des chlorosulfites de monochloroisopropyle et de dichloroisopropyle sym. (21°), paraît indiquer que la substitution du chlore dans un groupe primaire $CH^3$ excerce une influence plus grande que la même substitution dans un groupe secondaire $CH^2$.

---

(1) *Loc. cit.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mécanisme de la formation des alcoylcyclohexanones par action des dérivés organomagnésiens sur les α-chlorocyclohexanones. Remplacement non direct de l'halogène par l'alcoyle.* Note de M. **M. Tiffeneau** et M^lle **B. Tchoubar**, présentée par M. A. Béhal.

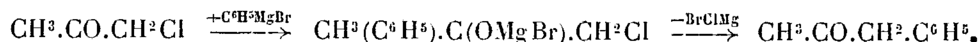
L'action des dérivés organomagnésiens sur les cétones α-chlorées conduit normalement à des alcools tertiaires α-chlorés ou chlorhydrines d'α-glycols



$$CH^2Cl.CO.CH^3 \xrightarrow{+RMgX} CH^2Cl.C(OMgX)(CH^3)R \xrightarrow[+H^2O]{-ClXMg} CH^2Cl.C(OH)(CH^3)R.$$

Toutefois cette réaction primitive peut être accompagnée d'actions secondaires susceptibles parfois de la masquer et dans laquelle la réactivité du chlore peut intervenir secondairement pour former soit des époxydes (réaction régulière), soit des cétones (réaction transpositrice). A leur tour les produits ainsi formés, époxydes et cétones, peuvent réagir sur les dérivés organomagnésiens se trouvant en excès dans le milieu réactionnel et former des alcools secondaires et tertiaires.

On conçoit que quelques-unes de ces réactions secondaires puissent devenir prépondérantes, notamment lorsque la réaction magnésienne au lieu d'être conduite à froid est effectuée à la température d'ébullition de l'éther ou, mieux encore, si l'on chauffe jusqu'à évaporation presque complète du solvant. C'est ainsi que, dans l'action à froid de $BrMgC^6H^5$ sur la chloracétone, le produit principal de la réaction est la chlorhydrine $C^6H^5(CH^3)C(OH).CH^2Cl$ (1); mais si l'on chauffe pour distiller l'éther, le produit prédominant est la phénylacétone (2). On voit qu'apparemment le phényle s'est substitué au chlore, mais le schéma suivant montre que c'est secondairement et par suite d'une migration du radical phényle :

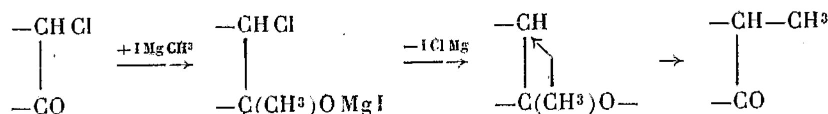


$$CH^3.CO.CH^2Cl \xrightarrow{+C^6H^5MgBr} CH^3(C^6H^5).C(OMgBr).CH^2Cl \xrightarrow{-BrClMg} CH^3.CO.CH^2.C^6H^5.$$

Il n'est donc pas surprenant qu'en faisant réagir les dérivés organomagnésiens sur l'α-chlorocyclohexanone, Bouveault et Chéreau aient pu obtenir les α-alcoylcyclohexanones. Toutefois ces auteurs admirent que cette formation est due au remplacement direct du chlore par l'alcoyle; ils en conclurent, et avec eux divers auteurs plus récents (3), que dans les chlorocyclohexanones la réactivité du chlore vis-à-vis des organomagnésiens est plus grande que celle du groupe cétonique. Or, à notre avis, le

(1) Tiffeneau, *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 774.
(2) Tiffeneau, *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 989.
(3) Godchot et Bedos, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 751; *Bull. Soc. Chim. France*, 39, 1926, p. 96; M^me Perlin-Borrel, *Bull. Soc. Chim. France*, 51, 1932, p. 994; *Thèse Sciences*, Nancy, 1931; Mitchovitch, *Thèse Sciences*, Nancy, 1928.

mécanisme réactionnel doit être le suivant :



Pour le vérifier il suffit d'isoler la chlorhydrine produite dans la réaction effectuée à froid, puis de constater que cette chlorhydrine ne contient pas de cétone et enfin, en faisant réagir un nouvel organomagnésien, de transformer cette chlorhydrine en un éthéro-magnésien que l'on soumet à l'action de la chaleur. C'est ce travail que nous avons effectué, et nous avons constaté, dans les trois cas étudiés par nous, que les éthéromagnésiens des chlorhydrines ainsi obtenues se transforment en $\alpha$-alcoylcyclohexanones, celles-ci pouvant être accompagnées de cétones dérivées du cyclopentane et provenant d'une réaction transpositrice avec réduction de cycle se produisant simultanément.

1° *Action de* $IMgCH^3$ *sur la chloro-2-cyclohexanone.* — Cette réaction a déjà été effectuée par Bouveault et Chéreau qui, sans préciser les conditions opératoires, ont signalé la formation d'un seul produit, l'orthométhylcyclohexanone. Elle a été reprise par Mme Perlin-Borrel qui a opéré en chauffant la solution éthérée du complexe organo-magnésien jusqu'à évaporation de l'éther et qui a obtenu, outre la même orthométhylcyclohexanone, l'acétylcyclopentane. Nous avons effectué la même réaction à la température ordinaire; on obtient ainsi le chloro-2-méthyl-1-cyclohexanol-1, Éb. sous $14^{mm} = 75\text{-}76^{o}$; $D_4^{19} = 1,0934$; $N_{19}^{D} = 1,4811$. Cette chlorhydrine ne contient pas de cétone, car elle ne fournit pas de semicarbazone. Cette chlorhydrine est introduite peu à peu dans une solution éthérée de bromure de magnésium éthyle ($1^{mol}$), il se dégage de l'éthane et il se forme le composé $C^6H^{10}(OMgBr)Cl$. On distille l'éther au bain-marie jusqu'à boursouflement du résidu. On laisse refroidir, et l'on décompose par l'eau glacée acidulée. On isole un produit qui distille dans le vide à 52-57° sous $14^{mm}$ et qui, traité par la semicarbazide, forme deux semicarbazones qu'on sépare par cristallisations fractionnées dans l'alcool : l'une fusible à 145° est celle de l'acétylcyclopentane, l'autre moins soluble et fusible à 198° est celle de la méthyl-2-cyclohexanone, toutes deux identiques à celles de Mme Perlin-Borrel.

2° *Action de* $BrMgC^2H^5$ *sur la chloro-2-cyclohexanone.* — Dans cette réaction effectuée d'abord par Bouveault et Chéreau, il se forme non seulement l'ortho-éthylcyclohexanone décrite par ces auteurs, mais encore le propionylcyclopentane signalé par Mitchovitch. En opérant comme il a été dit ci-dessus, nous avons obtenu le chloro-2-éthyl-1-cyclohexanol-1, Éb. sous $14^{mm} = 89,5\text{-}91^{o}$; $N_{18}^{D} = 1,484$. Son dérivé éthéro-magnésien, chauffé jusqu'à évaporation de l'éther, donne les deux cétones de Mitchovitch l'*o*-éthylcyclohexanone et le propionylcyclopentane dont les semicarbazones fondent respectivement à 161-162° et 134-135°.

3° *Action de* $IMgCH^3$ *sur la chloro-2-méthyl-5-cyclohexanone-1.* — Cette réaction, étudiée par MM. Godchot et Bedos, sans isoler la chlorhydrine, a fourni à ces auteurs

deux cétones dont les semicarbazones fondent à 155 et à 122°. En opérant à froid, nous avons obtenu la chlorhydrine attendue, Éb. 87-89° sous 14-15$^{mm}$; $D_4^{19} = 1,0648$; $N_D^{19} = 1,480$, qui ne contient pas de produit cétonique, et dont le dérivé éthéro-magnésien chauffé comme ci-dessus nous a donné deux cétones, la diméthyl-2.5-cyclohexanone (semicarbazone F. 160°), et l'acétyl-1-méthyl-3-cyclopentane (semicarbazone F. 132°).

*Conclusions.* — Dans l'action des dérivés organomagnésiens sur les chlorocyclohexanones, c'est le groupe cétonique qui réagit primitivement, il y a formation du dérivé éthéromagnésien d'une chlorhydrine qu'on peut isoler. C'est seulement par chauffage de ce dérivé que se produit une réaction secondaire évoluant en deux sens avec formation de deux cétones, l'une qui résulte d'une transposition avec réduction de cycle, l'autre qu'on a supposé provenir du remplacement direct de l'halogène par le radical de l'organomagnésien mais qui, en réalité, résulte d'une migration secondaire de ce radical.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel exemple de réaction anormale du cyanure de potassium sur une cétone α chlorée.* Note de M. **Georges Richard**, présentée par M. Delépine.

Par agitation, une solution hydroalcoolique de cyanure de potassium réagit sur une solution éthérée de chloro-1-diphényl-1.2-éthanal pour donner un corps solide fondant à 77-78°. L'analyse lui attribue la formule brute $C^{15}H^{11}ON$. Si la réaction avait été normale, elle se serait réduite à une double décomposition : le corps ainsi obtenu aurait été le cyano-1-diphényl-1.2-éthanal $C^6H^5.CH(CN).CO.C^6H^5$. Mais ce corps est connu et décrit comme fusible à 95-96° (1); d'ailleurs, un tel corps serait énolisable : or, ce n'est pas ce que j'ai observé. De plus, le cyano-1-diphényl-1.2-éthanal est soluble dans les alcalis qui le scindent en acide benzoïque et en cyanure de benzyle; le corps que j'ai obtenu est insoluble dans les alcalis. J'ai pensé être en présence d'une réaction analogue à celle du cyanure de potassium sur l'acétylacétate d'éthyle α chloré, dont le mécanisme a été démontré par MM. Favrel et Prévost (2).

D'après ces auteurs, la cétone chlorée réagirait tout d'abord comme un acide faible en donnant un dérivé potassé de la forme énolique et en libé-

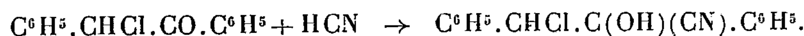
(1) Meyer, *Journ. für Prakt. Chem.*, 52, 2e série, 1895, p. 116.
(2) Favrel et Prévost, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 4e série, 1931, p. 243.

rant de l'acide cyanhydrique :



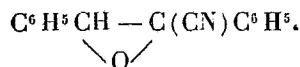
$$C^6H^5.CHCl.CO.C^6H^5 + KCN \rightarrow HCN + C^6H^5.CCl = C(OK).C^6H^5.$$

Ensuite, cet acide cyanhydrique réagirait sur la forme cétonique pour donner le chloro-1-cyano-2-diphényl-1.2-éthanal :



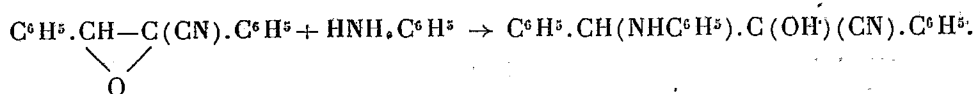
$$C^6H^5.CHCl.CO.C^6H^5 + HCN \rightarrow C^6H^5.CHCl.C(OH)(CN).C^6H^5.$$

La cyanhydrine ainsi formée, qui est la monochlorhydrine d'un glycol, perd facilement une molécule d'acide chlorhydrique dans le milieu alcalin que constitue le cyanure de potassium et l'on obtient le cyano-1-époxy-1.2-éthane



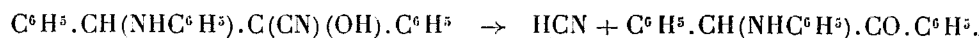
L'anomalie de la réaction serait due à l'acidité de l'énol qui est du même ordre de grandeur que celle de l'acide cyanhydrique. Pour justifier cette formule j'avais tout d'abord tenté l'hydrolyse de la fonction oxyde d'éthylène par l'acide sulfurique à 5 pour 100 à l'ébullition pendant plusieurs heures : j'ai toujours retrouvé en fin de réaction le produit initial. J'ai ensuite fait agir le chlorhydrate d'hydroxylamine; j'ai obtenu un corps fondant à 161-162° auquel l'analyse attribue la formule $C^{15}H^{12}ON^2$ et dont je n'ai pas encore élucidé la constitution : l'oxime du cyano-1-diphényl-1.2-éthane fond à 198° en se décomposant. L'hydrolyse du corps fondant à 161° n'a jamais régénéré le cyano-1-époxy-1.2-diphényl-1.2-éthanal.

C'est l'action de l'aniline qui m'a permis d'arriver au but. J'ai chauffé pendant plusieurs heures le cyano-1-époxy-1.2-diphényl-1.2-éthane avec une quantité équimoléculaire d'aniline : il s'est dégagé de l'acide cyanhydrique. Du résidu j'ai extrait un solide, qui, après recristallisation dans l'alcool, fond à 97-97°,5. Il a pour formule $C^{20}H^{17}O^2N$. J'ai pensé que ce pouvait être du phénylamino-1-diphényl-1.2-éthanal. Son mélange avec du phénylamino-1-diphényl-1.2-éthanal préparé d'une autre manière ([1]) ne présente aucune dépression du point de fusion. La formation de ce corps s'accorde fort bien avec la formule d'un oxyde d'éthylène cyané. On peut admettre en effet qu'une molécule d'aniline se fixe sur le pont d'oxygène suivant le schéma :



([1]) MEYER, *Journ. für Prakt. Chem.*, 34, 2e série, 1886, p. 2.

Puis le phénylamino-1-diphényl-1.2-cyano-2-éthanal perd une molécule d'acide cyanhydrique en donnant du phénylamino-1-diphényl-1.2-éthanal :



$$C^6H^5.CH(NHC^6H^5).C(CN)(OH).C^6H^5 \rightarrow HCN + C^6H^5.CH(NHC^6H^5).CO.C^6H^5.$$

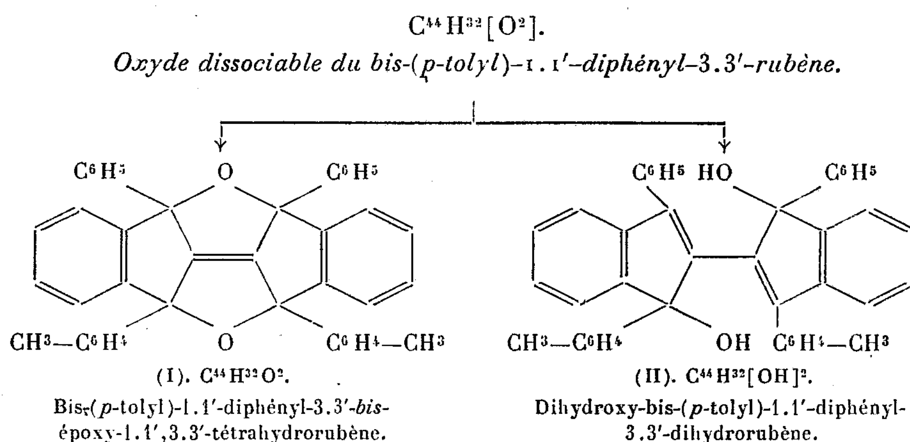
En résumé, cette réaction du cyanure de potassium sur le chloro-1-diphényl-1.2-éthanal est en tous points comparable à celle du cyanure de potassium sur l'acétylacétate α chloré et les conclusions que l'on peut en tirer sont identiques à celles de MM. Favrel et Prévost.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables. Sur deux termes d'oxydation réductibles, mais non dissociables du bis-(p-tolyl)-1.1'-diphényl-3.3'-rubène : les dérivés tétrahydro-bis-époxylé et dihydrodihydroxylé.* Note de M. **Léon Enderlin**, présentée par M. Delépine.

Lorsqu'on fait réagir l'iodure de magnésium en solution éthérée et à la température de 0°, sur une solution éthérée de l'oxyde dissociable du bis-(*p*-tolyl)-diphénylrubène, $C^{44}H^{32}(O^2)$, on obtient, à la suite d'une réaction analogue à celle qui se produit dans le cas de l'oxyde de tétraphénylrubène ([1]), un mélange de deux produits. Ces deux produits sont le bis-(*p*-tolyl)-1.1'-diphényl-3.3'-bis-époxy-1.1',3.3'-tétrahydrorubène et le dihydroxy-bis-(*p*-tolyl)-1.1'-diphényl-3.3'-dihydrorubène correspondants.

$C^{44}H^{32}[O^2]$.

*Oxyde dissociable du bis-(p-tolyl)-1.1'-diphényl-3.3'-rubène.*




(I). $C^{44}H^{32}O^2$.
Bis-(*p*-tolyl)-1.1'-diphényl-3.3'-*bis*-époxy-1.1',3.3'-tétrahydrorubène.

(II). $C^{44}H^{32}[OH]^2$.
Dihydroxy-bis-(*p*-tolyl)-1.1'-diphényl-3.3'-dihydrorubène.

Par analogie avec ce qui se passe dans la série du tétraphénylrubène ([1]) il convient de leur attribuer les formules (I) et (II).

---

([1]) Dufraisse et Badoche, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 104 et **193**, 1931, p. 63.

Comme leurs propriétés physiques sont très voisines, la séparation des deux produits est des plus pénibles. On ne la réussit qu'en faisant cristalliser lentement les solutions concentrées du mélange dans l'éther. Le dérivé époxylé a tendance à se déposer le premier, ce qui permet d'obtenir, peu à peu, des portions de plus en plus riches en ce composé. Le dérivé dihydroxylé s'accumule dans les eaux-mères et peut être obtenu pur, à son tour, grâce à une série de cristallisations fractionnées.

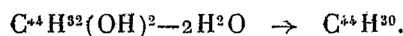
*a. Le bis (p-tolyl) diphényl bis-époxytétrahydrorubène*, qui constitue la majeure partie du produit de la réaction, cristallise en losanges massifs, exempts de solvant de cristallisation, et fondant au bloc Maquenne à 210°.

Ses propriétés sont tout à fait analogues à celles du tétraphényl-bis-époxytétrahydrorubène. Comme lui, il résiste à l'action de l'acide acétique bouillant, ce qui les distingue tous les deux des dérivés dihydroxylés correspondants. Comme lui aussi, il n'est pas dissociable sous l'influence de la chaleur, mais se réduit sous l'action du fer et de l'acide acétique en régénérant le bis (*p*-tolyl) diphénylrubène dont il dérive.

*b. Le dihydroxy-bis (p-tolyl) diphényldihydrorubène* se présente sous forme de prismes incolores. Purifié dans des solvants tels que l'éther, le benzène ou le sulfure de carbone, il contient du solvant de cristallisation et possède alors deux points de fusion, dont le premier, accompagné du départ du solvant, se trouve vers 200°. Quant au second, il ne peut être obtenu correctement à partir de cristaux ayant contenu du solvant; le chauffage nécessaire pour provoquer le départ de ce dernier entraîne, en effet, une décomposition partielle du produit. Dans la ligroïne, au contraire, la cristallisation se fait sans fixation de solvant, et le produit ainsi obtenu fond directement à 280° au bloc Maquenne.

Le dihydroxy-bis (*p*-tolyl) diphényldihydrorubène possède les propriétés caractéristiques présentées déjà par le dihydroxydihydrotétraphénylrubène.

Chauffé dans l'acide acétique bouillant pendant 10 minutes, il communique à la solution une belle fluorescence violette due à la formation, par perte de $2H^2O$, de l'hydrocarbure naphtacénique $C^{44}H^{30}$, à fluorescence violette, déjà décrit [1] :

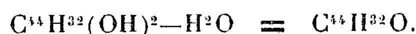


$$C^{44}H^{32}(OH)^2 - 2H^2O \rightarrow C^{44}H^{30}.$$

Chauffé dans le vide à 275°, il perd $1^{mol}$ d'eau et donne le monoxyde $C^{44}H^{32}O$

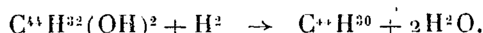
(1) LÉON ENDERLIN, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1332.

facile à distinguer du produit primitif par sa forme cristalline ([1]) :



$$C^{44}H^{32}(OH)^2 - H^2O = C^{44}H^{32}O.$$

Pas plus que le dérivé époxylé précédent, ce dérivé dihydroxylé n'est dissociable; mais, traité par le fer et l'acide acétique bouillant, il régénère, lui aussi, le rubène dont il dérive :



$$C^{44}H^{32}(OH)^2 + H^2 \rightarrow C^{44}H^{30} + 2H^2O.$$

Le dihydroxy-bis (*p*-tolyl) diphényldihydrorubène doit pouvoir exister théoriquement sous plusieurs formes isomères. Les deux groupements (OH) peuvent en effet se placer soit en position 3.3′ à côté des tolyles, soit en 1.1′ à côté des phényles, soit l'un en 3 ou 3′ et l'autre en 1 ou 1′. La formule (II) ne représente qu'une de ces possibilités. Pratiquement on n'en a observé qu'une forme jusqu'à présent.

La description des dérivés bis-époxylé et dihydroxylé du bis (*p*-tolyl) diphénylrubène complète la série des composés oxygénés de ce rubène, connus jusqu'à présent. Se composant de l'oxyde dissociable $R(O^2)$, de l'oxyde non dissociable $RO^2$, du monoxyde RO, et du dérivé dihydroxylé $R(OH)^2$, cette série est aussi complète que celle du tétraphénylrubène lui-même.

Les résultats obtenus montrent que l'analogie des propriétés entre les deux rubènes est complète. Mais ils apportent, en même temps, une confirmation à l'hypothèse de Ch. Dufraisse ([2]) suivant laquelle les composés organiques doués de l'oxydabilité réversible, sont caractérisés par la propriété de pouvoir donner toute une série de termes d'oxydation intermédiaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques aryl-glycols*. Note de M. **E. Balla**, présentée par M. Delépine.

M. Prévost ([3]) a publié récemment une nouvelle méthode de synthèse des glycols α à partir des carbures éthyléniques correspondants : on fait réagir en solution benzénique l'iode sur le benzoate d'argent à raison d'un

([1]) Léon Enderlin, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1432.

([2]) Ch. Dufraisse, *Bul. Soc. Chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 792.

([3]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1129.

atome-gramme d'iode par molécule-gramme de benzoate. Le complexe ainsi obtenu fournit, par ébullition prolongée avec le carbure éthylénique, l'éther dibenzoïque du glycol cherché; ce dernier est saponifié soit par la soude, soit par la baryte en milieu hydroalcoolique.

J'ai appliqué la technique à quelques homologues arylés ou diarylés de l'éthylène. Ceux-ci ont été préparés par déshydratation d'aryl-carbinols en présence d'une petite quantité de bisulfate de potassium. Ces aryl-carbinols eux-mêmes ont été obtenus par condensation d'aldéhydes et de magnésiens aromatiques. J'ai rencontré quelques composés déjà décrits, mais non préparés par cette technique, et des composés nouveaux. En voici la liste ainsi que leurs constantes physiques. Les rendements de ces préparations se sont toujours montrés satisfaisants.

I. *Phényl-glycol :* $C^6H^5.CHOH.CH^2OH$. — Le styrolène a été obtenu par déshydratation de l'alcool phényl-éthylique secondaire, provenant lui-même de la condensation de la benzaldéhyde et du bromure de méthyl-magnésium. L'ester dibenzoïque fond à 95° et le glycol à 66°. Ces corps sont déjà décrits. On indique respectivement 96-97° et 67-68°.

II. *α-Naphtyl-glycol* $C^{10}H^7.CHOH — CH^2OH$. — Le méthyl-α-naphtyl-carbinol a été obtenu par condensation de l'aldéhyde éthylique et du bromure d'α-naphtyl-magnésium. J'ai retrouvé pour lui et pour l'α-naphtyl-éthylène les constantes données dans la littérature. L'éther dibenzoïque de l'α-naphtyl-glycol, corps nouveau, fond à 107°, le glycol, nouveau lui aussi, fond à 114,5-115°.

III. *Phényl-1-(para-isopropyl-phényl)-2-glycol*



$$C^6H^5.CHOH — CHOH — C^6H^4.CH(CH^3)^2.$$

Seul le carbure éthylénique correspondant était connu; j'ai retrouvé le point de fusion 86° indiqué. L'alcool (bromure de phényl-magnésium et aldéhyde cuminique) fond à 42-42°,5; l'ester dibenzoïque fond à 217,5-218° (corr. 222°) et le glycol à 117,5-118°,5.

IV. *Phényl-1.α-naphtyl-2-glycol* $C^6H^5.CHOH — CHOH.C^{10}H^7$. — Ici, les trois produits intermédiaires et le corps final étaient inconnus. Le benzyl-α-naphtylcarbinol (bromure d'α-naphtyl-magnésium et phényl-acétaldéhyde) fond à 78,5-79°,2. Le carbure (phényl-1.α-naphtyl-2-éthylène) fond à 72,5-73°,5. L'ester dibenzoïque du glycol fond à 196,5-197° (corr. 201°). Enfin, le glycol fond à 95°.

On voit ainsi que la méthode de M. Prévost est fructueuse. Il est évident qu'elle permettra de préparer encore d'autres homologues.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Observations au sujet des substances qui modifient le faciès des cristaux se déposant à partir d'une solution.* Note [1] de M. L. **Royer.**

1. J'ai donné [2] quelques exemples de modifications du faciès de certains cristaux A quand ils se déposent à partir d'une solution renfermant une autre substance B. On sait qu'il doit y avoir entre A et B les mêmes relations de structure que celles qui existent dans l'orientation mutuelle de deux espèces qui n'ont en commun qu'une maille plane.

A ce point de vue l'exemple ci-dessous est remarquable.

L'acide succinique, de symétrie monoclinique, a dans son plan $p(001)$ une maille qui peut être définie par un rectangle de côtés 5,06 Å et 8,90 Å.

La maille du plan $p(001)$ de la muscovite est constituée par un rectangle de côtés 5,15 Å et 8,92 Å.

Malgré cette identité quasi totale des deux mailles planes, l'acide succinique ne donne aucun accolement régulier sur la muscovite, soit que les ions ne sont pas de même signe dans les deux plans $p(001)$ du mica et de l'acide succinique, soit que le mode d'enchaînement des éléments du cristal de muscovite est différent de celui des éléments du cristal d'acide succinique.

Le nitrate de sodium $NaNO^3$ rhomboédrique s'accole en cristaux orientés sur la muscovite; son plan $a^1(111)$ qui dans cet accolement coïncide avec le plan $p(001)$ du mica a une maille multiple définie par un rectangle de côtés $5,07$ Å et $5,07\sqrt{3} = 8,67$ Å.

L'iodure d'ammonium $NH^4I$ cubique s'oriente également avec sa face $a^1(111)$ sur la muscovite; son plan $a^1(111)$ possède en effet une maille multiple rectangle de côtés $5,09$ Å et $5,09\sqrt{3} = 8,70$ Å.

Voilà donc quatre substances : la muscovite, l'acide succinique, le nitrate de sodium, l'iodure d'ammonium dont les cristaux possèdent tous les quatre un plan quasi identique en forme et en dimensions.

Deux de ces substances ($NaNO^3$ et $NH^4I$) s'orientent sur la muscovite; l'acide succinique ne s'oriente pas sur ce mica.

On peut donc conclure que l'acide succinique, malgré les conditions géo-

---

(1) Séance du 26 février 1934.

(2) L. Royer, *Comptes rendus*, **198**, 1934; p. 585.

métriques favorables ne se déposera pas en cristaux orientés sur les faces $a^1(111)$ de $NaNO^3$ et $NH^4I$.

En conséquence, on peut prévoir que l'acide succinique ajouté à une solution de $NH^4I$ ou de $NaNO^3$ ne fera pas paraître sur les cristaux de ces deux corps les faces $a^1(111)$.

C'est bien ce qui a lieu.

Une solution de $NH^4I$ dans l'eau et saturée en acide succinique abandonne des cristaux de $NH^4I$ sous forme de cubes comme dans l'eau pure.

Dans les mêmes conditions $NaNO^3$ se précipite en rhomboèdres $p(100)$, identiques à ceux que l'on observe quand la solution ne renferme pas d'acide succinique.

Donc, si entre deux corps A et B l'épitaxie dipériodique ne se fait pas malgré l'identité géométrique de deux plans dans les cristaux A et B, on peut être certain que ces deux corps A et B mis ensemble en solution dans l'eau ne modifieront pas le faciès des cristaux qui se déposeront à partir de la solution.

2. Dans une Note précédente (¹), j'ai énuméré les conditions auxquelles doit répondre un corps B qui, dissous dans une solution d'un autre corps A dans l'eau, fait paraître sur les cristaux de A une face $(pqr)$ qui ne se forme pas dans la cristallisation de A à partir d'une solution dans l'eau pure.

Ces conditions sont nécessaires; elles peuvent ne pas être suffisantes.

Le fait qu'en présence de B on voit paraître sur les cristaux de A la face $(pqr)$ qui en l'absence de B manque prouve deux choses :

*a*. que B abaisse la vitesse de croissance des cristaux de A dans la direction normale au plan $(pqr)$;

*b*. que le taux d'abaissement de cette vitesse de croissance dans la direction considérée est assez élevé pour permettre à la face $(pqr)$ de subsister au cours de la croissance du cristal en milieu fluide.

Or, si l'on peut affirmer qu'un corps B répondant aux conditions établies précédemment abaissera toujours la vitesse de croissance des cristaux de A dans la direction normale au plan $(pqr)$, aucune loi actuellement connue ne permet de prévoir le taux d'abaissement de cette vitesse; seule l'expérience fera connaître dans chaque cas si la diminution de la vitesse est telle que l'on verra paraître le plan $(pqr)$ comme forme extérieure sur le cristal.

---

(¹) L. Royer, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 185.

Il est vraisemblable que cet abaissement de la vitesse de croissance dans la direction normale du plan (*pqr*) sera d'autant plus intense que la quasi-identité qui doit exister entre deux plans des cristaux A et B est plus complète.

3. Quand les deux substances A et B ont même structure et même symétrie avec des paramètres voisins comme, par exemple, NaCl et KCl, le faciès des cristaux se déposant à partir d'une solution renfermant à la fois A et B n'est nullement modifié. On comprend pourquoi.

J'ai montré [1] que de pareilles substances donnent des orientations parallèles sur *toutes* leurs faces (épitaxie tripériodique).

Le corps B, dans ces cas, abaissera la vitesse de croissance des cristaux de A dans *toutes* les directions. Les vitesses de croissance relatives à *toutes* les faces se trouvant également affectées par la présence de B, tout se passera, en ce qui concerne les formes extérieures des cristaux A, comme si B était absent.

C'est bien ce que vérifie l'expérience.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les cristaux liquides obtenus par évaporation rapide d'une solution aqueuse.* Note de M. **Paul Gaubert.**

Dans une Note précédente [2], j'ai montré qu'une solution de tartrazine, évaporée rapidement sur une lame de verre, donne des cristaux liquides, se présentant sous deux formes différentes. La production et la disparition du liquide cristallin se font brusquement ainsi que le passage d'une forme à l'autre, comme dans le cas des transformations polymorphiques. Par conséquent les phénomènes sont tout à fait différents de ceux qui ont été observés avec l'acide 10-bromophénanthrène-3-sulfonique ou avec une matière colorante la benzopurpurine [3]. Le but de cette Note est d'étudier les mélanges de tartrazine avec des matières colorantes et de voir si, parmi ces dernières, il en est donnant des cristaux liquides.

Le polymorphisme des cristaux liquides de tartrazine rappelle celui des

---

(1) *Bull. Soc. française de Minéralogie*, 51, 1928, p. 7-159.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1436.

(3) Les liquides biréfringents de phosphate de calcium que j'ai décrits autrefois (*Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1115) sont de nature colloïdale.

diverses substances découvertes par O. Vorländer, bien que le mode de production soit différent. Ces cristaux correspondent à un hydrate, puisque ceux qui se déposent à l'état solide à la température ordinaire sont hydratés. Ils possèdent une couleur jaune orangé qui devient rouge orange lorsqu'ils sont placés dans un dessiccateur à acide sulfurique ou chauffés à l'air vers 40°. La perte d'eau ne modifie ni la forme, ni la transparence, ni l'orientation optique des cristaux, elle cause seulement quelques très fines cassures transversales et élève le polychroïsme. C'est à cause de cette identité des cristaux que je les ai tous considérés comme anhydres dans ma première Note.

La biréfringence des deux formes du liquide cristallin est élevé, bien que la forme nématique, obtenue avec une couche très mince, ne montre parfois que le blanc de premier ordre. Celle de la forme à coniques focales est plus forte et au moins égale à celle de la calcite. Contrairement à ce qui a lieu à la température ordinaire, à chaud, la forme à coniques focales passe à la forme solide au lieu de revenir à la forme nématique.

Les solutions aqueuses de tartrazine peuvent dissoudre un grand nombre d'autres matières colorantes qui passent dans les liquides cristallins au moment de leur formation en les colorant. Le polychroïsme des gouttes anisotropes de O. Lehmann et surtout celui des secteurs sphérolitiques de la forme à coniques focales est fortement augmenté. Le maximum d'absorption a lieu suivant $n_g$. Une faible quantité de matière étrangère (moins de 1/100ᵉ) ne trouble pas la formation des cristaux liquides, mais une proportion de 1/20ᵉ, et même moins, diminue les dimensions des gouttes anisotropes de O. Lehmann, qui fusionnées forment une bande très étroite passant souvent à l'état solide, sans qu'il y ait production de la forme à coniques focales.

Certaines matières étrangères élèvent la stabilité du liquide cristallin, ainsi, avec l'alizarine sulfonate de sodium, la forme nématique peut se maintenir plusieurs heures à la température ordinaire. Le coefficient d'absorption des matières colorantes diluées est plus élevé dans la forme nématique que dans celles à coniques focales, comme cela a lieu avec l'anisalaminocinnamate d'éthyle.

Beaucoup de matières colorantes sont des composés *para*, par conséquent elles possèdent une structure moléculaire rendant possible la production de cristaux liquides (D. Vorländer).

Par évaporation rapide d'une solution de matière colorante sur une lame de verre, il se produit suivant la nature de la substance :

1° des cristaux plus ou moins petits (chrysoïne, écarlate de Biebrieh, etc.);

2° des gouttes liquides isotropes, très colorées plus ou moins visqueuses se fusionnant et coulant à la surface de la lame (violet hexaméthylé, chrysoïdine, etc.). Elles restent amorphes tout en se solidifiant ou cristallisent;

3° une seule substance m'a donné des cristaux liquides, c'est la crocéine brillante.

Avec cette matière colorante, beaucoup moins soluble dans l'eau que la tartrazine et presque opaque, les gouttes anisotropes de O. Lehmann sont très petites et donnent un liquide trouble, même sous une faible épaisseur qui au contact d'une aiguille donne de petits cristaux solides. Il est difficile de voir s'il y a formation de la phase smectique; ce qui est certain c'est qu'il se produit un corps visqueux dont la biréfringence peut être facilement mise en évidence. La rayure faite avec une aiguille montre sur ses deux bords une bande biréfringente dont toutes les parties ont la même orientation optique. Suivant sa longueur, l'allongement optique est négatif. Ce fait est à rapprocher de celui que j'ai constaté avec des corps mous cristallisés (paraffine, cire, etc.). La couche mince de matière, déposée en traçant rapidement un trait sur une lame de verre, forme aussi des bandes plus ou moins allongées, ayant la même orientation optique.

Il résulte de ce qui précède que les cristaux liquides de tartrazine se comportent, au point de vue de leur coloration artificielle, comme ceux des substances obtenus avec une masse fondue. Une autre matière colorante, la crocéine brillante donne aussi un liquide cristallin, bien que cette dernière soit peu soluble dans l'eau.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Analyse cristalline aux rayons X par une méthode de focalisation.* Note (1) de M. **Anatole Rogozinski**, présentée par M. Fred. Wallerant.

L'étude des corps amorphes, à l'aide des rayons X, exige des temps de pose relativement longs. Cette longue durée d'exposition est toujours gênante et peut même, dans certains cas, empêcher toute expérience. Il en est ainsi, en particulier, lorsque la substance étudiée évolue durant l'expo-

(1) Séance du 26 février 1934.

sition, ou bien subit des modifications sous l'action des rayons X qu'elle diffracte.

Pour éviter ces difficultés nous avons réalisé une méthode de focalisation dont l'application entraîne une réduction considérable du temps de pose. Cette méthode, particulièrement simple, pourra rendre, à notre avis, des services dans les recherches, au moyen des rayons X, sur des corps cristallisés, et surtout dans l'examen des poudres et des corps amorphes.

Soient O la source *ponctuelle* des rayons X, et $Ox$ la direction de propagation d'un rayon quelconque. Disposons, normalement à l'axe $Ox$, un cerceau, de rayon R, dont le centre, situé sur l'axe, se trouve à une distance $x_0$ de la source. Le cerceau est constitué par la substance à étudier (fil métallique, poudre cristalline, liquide, etc.). Il est évident, dans ces conditions, que le cône des rayons diffractés par une famille de plans réticulaires de la substance a son sommet sur $Ox$, où il forme, par conséquent, un véritable foyer à une distance $x$ de la source. *L'axe $Ox$ apparaît ainsi omme une ligne focale, où viendra s'inscrire le diagramme du corps examiné.*

Les relations qui déterminent les distances réticulaires $d$ sont les suivantes

$$n\lambda = 2d\sin\varphi; \tag{1}$$

$$\operatorname{tang}(2\varphi - \beta) = \frac{R}{x - x_0}, \qquad \operatorname{tang}\beta = \frac{R}{x_0}, \tag{2}$$

$\varphi$ étant l'angle de Bragg qui correspond à la distance réticulaire $d$, $\lambda$ la longueur d'onde utilisée, $n$ un nombre entier.

Pour obtenir le diagramme il suffit donc de disposer suivant l'axe $Ox$ (la ligne focale) une bande étroite [1], de $1\text{-}2^{mm}$ de largeur, d'une pellicule photographique.

Nous avons pu ainsi, dans de mauvaises conditions expérimentales, obtenir en 30 secondes des diagrammes de Cu et d'Al.

*Remarque I.* — Notre méthode n'exige, en principe, l'emploi d'aucune fente ni collimateur. On place seulement une petite pastille de plomb en tête de la bande sensible pour empêcher le rayonnement X de l'impressionner directement.

---

(1) L'emploi d'une telle bande simplifie également la réalisation pratique de la méthode spectrographique proposée par Gouy (*Comptes rendus*, 161, 1915, p. 765).

*Remarque II.* — La méthode est surtout applicable à des substances, caractérisées par de petites distances réticulaires. Si ces dernières dépassent une certaine valeur, on utilisera une radiation de longueur d'onde suffisamment grande.

*Remarque III.* — Tous les points du cerceau contribuent dans la même mesure à la formation de la tache focale, ce qui distingue essentiellement cette méthode de celle de Debye-Scherrer, où le faisceau des rayons X, délimité par un fin collimateur, frappe la substance sur une longueur relativement très faible.

Notons également que la méthode proposée diffère notablement de la méthode de focalisation de Seemann-Bohlin, dans laquelle la substance est disposée suivant une portion d'un cylindre de révolution, et où la focalisation s'opère le long d'une génératrice du même cylindre.

LITHOLOGIE. — *Forme de l'altération des feldspaths dans les arènes granitiques des Vosges.* Note de M. **A. S. Mihara**, présentée par M. L. Cayeux.

Les arènes formées par les granites des Vosges sont riches en fragments blancs, porcelanés, de feldspaths altérés. On a souvent pensé que ceux-ci étaient kaolinisés. Cependant, au microscope, on n'observe que des feldspaths calco-sodiques plus ou moins complètement séricitisés.

Pour préciser la question, j'ai entrepris l'étude microscopique et chimique du granite du Hohwald (Vosges); des feldspaths blancs de ses arènes et de ses produits d'altération.

L'analyse chimique des feldspaths blancs met en évidence une proportion de 55 pour 100 de feldspaths calco-sodiques pour 36 pour 100 de particules phylliteuses; il y a 9 pour 100 de silice libre. Dans le pourcentage des particules phylliteuses, la séricite entrerait pour 28 et la kaolinite pour 8, ce qui ferait, en gros, pour 100 parties de phyllite : 78 de séricite pour 22 de kaolinite. Il y a donc, bien qu'on ne la voie pas au microscope, de la kaolinite dans les feldspaths blancs et la proportion est loin d'être négligeable.

Le problème se pose de savoir si cette kaolinite existe déjà dans les parties profondes du granite où les feldspaths sont séricitisés sans que la roche elle-même soit désagrégée ?

Pour résoudre la question, j'ai procédé à l'analyse chimique de granites

profonds, l'un peu altéré (analyse A) et l'autre davantage (analyse B) qu'on pourra comparer, dans le tableau ci-dessous, avec l'analyse chimique d'un type sableux (analyse C) du même granite :

| | $SiO_2$. | $TiO_2$. | $Al_2O_3$. | $Fe_2O_3$. | FeO. | MgO. | CaO. | $Na_2O$. | $K_2O$. | $+H_2O$. | MnO. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A... | 61,22 | 0,61 | 15,88 | 2,46 | 4,01 | 2,51 | 5,94 | 3,57 | 2,04 | 1,59 | 0,10 | 99,93 |
| B... | 61,62 | 0,60 | 15,82 | 3,30 | 3,25 | 1,84 | 4,84 | 4,41 | 2,54 | 2,00 | 0,12 | 100,34 |
| C... | 54,87 | 0,90 | 18,53 | 6,71 | 1,40 | 2,76 | 3,22 | 4,75 | 1,25 | 5,06 | 0,21 | 99,66 |

En me basant sur les calculs de la reconstitution virtuelle, je déduis que les deux premières roches (A et B) n'ont pas l'excès d'alumine qui autoriserait à penser que la kaolinite y préexiste; seule, la troisième (C) la met en évidence. Or, ce type de granite sableux doit son état aux actions superficielles.

J'en conclus donc que la kaolinite mise virtuellement en évidence dans les feldspaths blancs séricitiques doit elle-même son existence aux seules actions superficielles qui ont conduit à la désagrégation du granite.

LITHOLOGIE. — *Sur la composition chimico-minéralogique des roches basiques, intrusives ou métamorphiques, du Kasaï (Congo belge).* Note (¹) de M. **M.-E. Denaeyer.**

Les roches granitiques de la collection rassemblée en 1909-1912, par M. R. Kostka, dans la partie sud-est du bassin du Kasaï, ont été étudiées par A. Ledoux (²). J'ai repris la suite de cette étude en ce qui concerne les roches basiques et me propose de donner ici les résultats généraux de mes observations (³).

Les roches intrusives comprennent des gabbros hypersthéniques à structure grenue ou ophitique et des dolérites passant parfois au basalte. Les dernières sont pour la plupart très silicifiées. Les gabbros renferment des

(¹) Séance du 19 février 1934.

(²) *An. Soc. Géol. Belg., Pub. rel. au Congo belge*, 40, 1912-1913, p. 177-210.

(³) Dans le même temps et sans que j'en eusse connaissance, M. J. Thoreau étudiait une série de roches analogues, provenant de la même région et récoltées tout dernièrement. Il a fait l'exposé de ses recherches au Congrès de Washington, qui en a publié un résumé (*Int. Geol. Cong.*, 16ᵉ session, 1933, *Abst.*, p. 9). Nous avons confronté nos conclusions; concordantes dans l'ensemble, elles se complètent mutuellement dans le détail.

pyroxènes monocliniques et orthorhombiques pouvant s'associer en groupements microperthitiques ou micropegmatitiques et, accessoirement, de la hornblende verte et de la biotite. A ces roches se rattachent des anorthosites, des ariégites, une spessartite. Ces roches dérivent d'un même magma à tendance magnésienne, exaltée dans l'ariégite, comme le montrent les paramètres magmatiques (*a* à *e*) calculés, ainsi que les suivants, d'après les analyses de M. F. Raoult :

| | | | |
|---|---|---|---|
| *a*. Gabbro α à hypersthène, rivière Kamwanga | III[5.4.(4)5.][1(2).1.2.2.] | An | 63 % [1] |
| *b*. Dolérite β, rivière Mpoko | III[5.3'.4(5).][2.1.2.3.] | » | 46 |
| *c*. Basalte β, confluent Tshibaie-Lubilash | III[5.3.(4)5.][2.1'.2.3.] | » | 32 |
| *d*. Spessartite α, Kanda-Kanda | III['5.(3)4.4'.]['2.1.2.3.] | » | 54 |
| *e*. Ariégite, rivière Sakapenda | IV(V)[5.'5.0.](1)2.2.1'.1'. | » | 100 |

A ces roches intrusives sont associées des amphibolites variées; les unes, banales, sont quartzo-feldspathiques; les autres, feldspathiques grenatifères. Le grenat y forme des phénoblastes; on y observe un diopside abondant, incolore en lames minces, et, accessoirement, de l'hypersthène. Le diopside peut prédominer et la roche passe à une pyroxénite feldspathique à grain très fin, renfermant de petites lamelles de biotite brune.

Tous les éléments de ces variétés sont recristallisés, autoblastiques et très frais; mais, parmi eux, on constate aussi la présence de plagioclases généralement allongés, plus ou moins troubles, souvent curvilignes, fort différents des autres et rappelant par leur aspect les plagioclases des dolérites ou des gabbros ophitiques. Ces feldspaths semblent être des restes de roches (gabbros et dolérites) dont la transformation a donné ces amphibolites et ces pyroxénites. La comparaison des analyses et des paramètres des roches métamorphiques (*f* à *i*) avec ceux des roches intrusives précédentes ne laisse aucun doute à cet égard.

Je signalerai une dernière variété correspondant vraisemblablement aux conditions d'une zone métamorphique moins profonde : une ortho-amphibolite à zoïsite, à structure nématoblastique, contenant de gros phénoblastes de grenat; la zoïsite s'y présente en longs prismes grêles. Les paramètres (*i*) sont également ceux d'un gabbro.

---

(1) Anorthite % du plagioclase moyen calculé.

| | |
|---|---|
| *f*. Ortho-amphibolite quartzo-feldspathique, ruisseau Kadenga-Ndenga ............ | III [4(5).'4.4'.] [(1)2.1.2.3.] An 55 % |
| *g*. Ortho-amphibolite feldspathique grenatifère, vallée de la Lukulu............ | III [5.(3)4.4(5).] [2.1.2.3.] » 53 » |
| *h*. Ortho-pyroxénite quartzo-feldspathique à biotite, chute de la Luisa........... | III [4'.4.3(4).] [1(2).1.2.'3.] » 82 » |
| *i*. Ortho-amphibolite à zoïsite et grenat, village Mpagi...................... | III [5.4.(4)5.] ['2.(1)2.2.3.] » 65 » |

Certains échantillons d'ortho-amphibolite à grenat montrent, au microscope, des phénomènes d'imbibition par une solution granitique; on assiste à l'envahissement de l'amphibolite par une micropegmatite qui dissocie la hornblende et le pyroxène, isolés en nids ou éparpillés dans le magma acide, tandis que les grenats se résorbent et que les plagioclases anciens, signalés plus haut, sont séricitisés. En certains points, les constituants de la micropegmatite se développent, perdent leur orientation uniforme et font figure d'éléments d'un granite. On aboutit ainsi à une roche de composition granitique, à microcline, possédant encore une structure pegmatitique et renfermant de la hornblende verte à contours déchiquetés et de la biotite verte. Le calcul magmatique rend compte de l'évolution du phénomène : les paramètres de *j* sont ceux d'un granodiorite, les paramètres de *k*, ceux d'un granite akéritique.

| | |
|---|---|
| *j*. Amphibolite envahie par la micropegmatite, entre le ruisseau Kashibwe et le village Mwine Mpamba....................... | II'.'4.'3.3.(4).[2'.1.2.4.] An 39 % |
| *k*. Roche micropegmatitique granitoïde à amphibole et biotite vertes, au nord du village Bena Kasenga......................... | I(II).4.'2.'4.[2'.1.2.4.] » 14 » |

Enfin je ferai mention (momentanément sans commentaires) d'une roche qui constitue le mont Musungu, près de Satshigoia : elle est d'un rouge foncé, à grain variable, moyen à fin, et formée par du grenat xénomorphe rouge groseille, de la magnétite sidéronitique et de l'hypersthène très coloré, subautomorphe. Ces minéraux sont distribués irrégulièrement et baignent, par endroits, dans du quartz qui paraît d'origine filonienne.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'existence de paléo-sols dans des dépôts quaternaires de la vallée de la Sarre et sur leur nature.* Note de M. **Erhart**, présentée par M. L. Cayeux.

Il existe aux environs de Pisdorf des témoins de plusieurs anciennes terrasses de la Sarre. La plus ancienne de ces terrasses (terrasse de 60$^{m}$) est recouverte par d'épais dépôts argilo-sableux, de couleur grise uniforme, à grain très fin, sans stratification apparente.

La position de ces dépôts sur la haute terrasse de la Sarre, leurs caractères particuliers, font naître la présomption qu'il s'agit de dépôts éoliens synchroniques du lœss de la vallée du Rhin. Cette idée est confirmée par l'existence, dans le sein de ces dépôts, de paléo-sols ou sols enterrés qui sont, compte tenu des particularités des matériaux aux dépens desquels ils se sont formés, tout à fait homologues des paléo-sols que nous avons décrits dans le lœss d'Aachenheim ([1]).

Nous avons trouvé jusqu'à présent dans la région de Pisdorf trois paléo-sols superposés. L'inférieur est un sol brun noir, épais d'environ 1$^{m}$, très humifère, de structure grumeleuse. Il a un aspect uniforme sur toute son épaisseur et ne montre aucune trace de dégradation forestière. C'est un véritable tschernoziome ou sol de steppe. Les deux paléo-sols supérieurs sont, par contre, des sols forestiers bien caractérisés. Chacun d'eux présente les particularités morphologiques suivantes : l'horizon supérieur A est représenté par une couche humifère de couleur brune, épaisse d'environ 50$^{cm}$.

En dessous vient un horizon éluvial B, épais de 80$^{cm}$ environ, complètement décoloré et blanchi, lessivé et déferrifié. Suit un horizon illuvial $B_1$ qui est constitué par un Ortstein ferrugineux, puissant de 50 à 60$^{cm}$, cimenté en un banc compact et très dur. Vient enfin la roche mère C.

Les paléo-sols de Pisdorf présentent donc, comme ceux d'Aachenheim, un type sol de steppe et un type sol forestier.

Cependant les sols forestiers ont ici des caractères morphologiques très différents des sols forestiers d'Aachenheim. Cela tient à une différence dans la constitution chimique des matériaux dont ils proviennent. Les lœss d'Aachenheim sont toujours très calcaires et ont une réaction légère-

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 554.

ment alcaline (pH = 7 à 8), tandis que les dépôts de Pisdorf ne sont pas du tout calcaires et ont une réaction légèrement acide (pH = environ 6).

En conséquence, on voit qu'à Aachenheim la dégradation forestière s'est manifestée par une décalcification plus ou moins totale du sol (formation des poupées du lœss = Ortstein calcaire) sans qu'il y ait eu un phénomène de migration du fer ou de l'humus, lesquels éléments sont restés intimement mélangés aux particules colloïdales du sol pour lui donner sa couleur brune uniforme. Dans les dépôts de Pisdorf au contraire, la dégradation forestière s'est manifestée par une lessivation et une déferrification intense dont l'Ortstein ferrugineux est la conséquence immédiate. Ce sont des sols du type podzolique.

Ainsi on peut conclure que les dépôts étudiés dans la vallée de la Sarre attestent par leur position et par les caractères pédologiques des sols qu'ils renferment, non seulement l'origine éolienne des matériaux et le synchronisme avec le loess de la vallée du Rhin, mais encore affirment une similitude, au moins grossière, des conditions climatiques et phytogéographiques entre les deux versants des Vosges durant la période de formation du lœss. Si les sols qui se sont formés à cette époque et postérieurement, sont différents dans les deux cas, cela tient à la nature de la roche mère et non à des différences de climat ou de végétation. Dans un cas les sols forestiers évoluent vers ce que les auteurs allemands appellent des *Braunerden* ou *braune Waldböden*. Dans l'autre cas il se forme des sols à caractères podzoliques.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques roches éruptives et cristallophyliennes amenées par le Trias d'Ouezzan (Maroc).* Note de MM. **Jacques Bourcart** et **Georges Choubert**.

Le Trias, dans la région d'Ouezzan, se présente sous différentes formes qui, par ordre de fréquence, sont : 1° apparitions confuses au centre d'anticlinaux à noyaux perçants; 2° lames interposées suivant des failles ou des lignes de contact anormal; 3° fragments d'écailles, où il paraît exister des niveaux définis (Aïn Défali, Chaouia des Masmoudas) (1). Les termes reconnus dans ce dernier cas sont, de bas en haut : *a*, schistes à séricite,

(1) J. Bourcart, *Livre jubilaire Soc. Géol. Fr.*, 1930, p. 192.

surmontés quelquefois par des grès rouges, marbres ou dolomies cristallines blanches; *b*, argiles bariolées intercalées de calcaires noirs fétides, sel et gypse et *sills* d'ophite; *c*, cargneules souvent aussi en contact avec des ophites; *d*, calcaires fins gris clair (Trias ou Rhétien?).

Dans les apparitions du premier et du deuxième type, on récolte, sur quelques mètres de terrain, les roches les plus variées. Plusieurs auteurs, et dernièrement M. Daguin ([1]), ont montré qu'on peut trouver dans ce complexe des roches éruptives, des gneiss et des roches sédimentaires (du Primaire au Miocène).

Parmi les roches que nous avons étudiées, provenant de différents gisements, se trouvent des calcaires marmoréens à albite (qui résultent peut-être du métamorphisme de contact) et des schistes ressemblant à ceux des successions régulières, une très grande variété de roches éruptives et cristallophyliennes, appartenant, dans le même gisement, à des familles très différentes. Ce sont des boules de quelques mètres cubes ou des blocs de forme arrondie, à patine brunâtre.

La série de ces roches et les phénomènes qu'elles présentent sont remarquablement analogues à ceux du bassin de la Tafna et d'autres régions algériennes, magistralement décrites par Louis Gentil dans sa Thèse et de nombreuses publications ([2]) :

1° des *granites alcalins* leucocrates à biotite chloritisée ou à muscovite, albitisés et séricitisés; un *microgranite alcalin* leucocrate, à quartz pœcilitique; des *granites calcoalcalins* recristallisés, passant aux orthogneiss à structure plus ou moins granoblastique et à feldspaths résiduels, tantôt à muscovite, tantôt à biotite, ou enfin à clinochlore, mais généralement assez leucocrates; une *syénite* leucocrate albitisée à biotite partiellement chloritisée; des *monzonites* à amphibole avec ou sans biotite; une *diorite quartzique* leucocrate, légèrement granoblastique et une *diorite* à augite et biotite; des *gabbros*, tantôt séricitisés, à augite et hornblende intactes, tantôt à feldspaths (bytownite) frais, mais à augite ouralitisée; ils peuvent être dipyrisés;

2° des *gneiss* et des *leptynites à grenat et sillimanite*, des *gneiss à corindon* et des *orthoamphibolites;*

---

([1]) *Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine* (Maroc occidental). *Thèse*, Paris, 1927, p. 91-97.

([2]) *Esquisse stratigraphique et pétrographique du bassin de la Tafna* (Algérie). *Thèse*, Alger, 1902, p. 210-274.

3° des *épisyénites* (¹) variées, qui paraissent provenir de la transformation de monzonites, de diorites ou de gabbros ophitiques, *des « ophites »* plus ou moins décomposées et une *phonolite à haüyne* (tertiaire ?).

Le principal intérêt de ces roches est de montrer souvent trace de deux métamorphismes différents, séparés par un stade d'écrasement. L'un d'eux, précédé quelquefois d'un premier écrasement, est de caractère profond; il a donné naissance aux granites granoblastiques, gneiss et amphibolites. Après cette phase antécambrienne (?) la plupart de ces roches, à l'exclusion de celles de la troisième série, ont subi un écrasement d'intensité variable pouvant donner de véritables mylonites. Enfin, elles ont, presque toutes, subi des transformations se traduisant par la recristallisation du quartz écrasé, l'albitisation et la séricitisation des feldspaths, la chloritisation de la biotite et l'apparition de minéraux nouveaux : chlorites variées, dipyre, prehnite, épidote, calcite, oligiste, etc.

La présence de ces roches pose de nombreux problèmes :

1° les roches des deux premières séries appartiennent manifestement au socle cristallin, probablement même les diorites et gabbros, que Gentil considérait, en Algérie, comme post-triasiques. Mais quel est l'âge de celles de la troisième série qui ne sont jamais écrasées ? Ces roches ne sont nulle part en position normale (sauf quelquefois les ophites). Deux faits pourraient circonscrire le problème : dans la région des Djebalas, où l'Éocrétacé affleure largement, aucun pointement éruptif ne le traverse. En outre, son conglomérat de base montre, en certains points, des cailloux de dolérites.

2° la dernière transformation de ces roches est-elle due à une cause unique ? Il nous semble plus probable qu'il faut la rapporter à des processus successifs : métamorphisme faible, probablement général, qui paraît être antérieur au Trias (qui n'est pas transformé) et postérieur aux schistes à séricite de sa base; puis actions de pneumatolyse ou même d'autopneumatolyse et actions hydrothermales. Ces dernières seraient, en totalité ou en partie, le fait du cycle orogénique tertiaire, qui n'entraîne plus d'écrasement appréciable.

3° enfin, par quel mécanisme des roches plus anciennes que le Trias ont-elles pu monter à la surface avec celui-ci ? Sauf pour celles qui font partie

(¹) Ces roches, découvertes par M. Lecointre en 1914, ont fait l'objet de plusieurs Notes de M. R. Abrard (*Comptes rendus*, 170, 1920, p. 603; *Bul. Soc. Min. Fr.*, 43, 1920, p. 244).

d'écailles du type 3, nous ne pouvons qu'adopter l'idée de M. Gignoux de recouvrements profonds ([1]), en écartant, à cause des dimensions de certains blocs, celle de conglomérats post-triasiques qui ne sont pas connus dans la région.

GÉOLOGIE. — *Sur les relations géologiques et géographiques de l'Hindou-Kouch et du Pamir.* Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

En 1926, dans ma Thèse ([2]), j'ai décrit la zone occidentale de l'Hindou-Kouch et commencé à établir sa liaison avec la zone orientale et le Pamir.

J'ai pu établir dès cette époque les particularités de la faune de Fusulinidés de l'Ouralo-Permien, l'âge triasique et rhétien des séries volcaniques, l'âge liasique des couches à Végétaux, l'existence de mouvements orogéniques post-jurassiques, la présence d'une discordance néogène indiquant deux séries de mouvements alpins, les plus anciens post-nummulitiques comportant des venues granitiques ayant métamorphisé des calcaires crétacés.

Au point de vue géographique, on avait coutume de décrire séparément l'Hindou-Kouch et le Pamir.

De nombreux géologues russes ont récemment étudié les montagnes du Pamir et ce qu'ils ont publié de leurs observations ([3]) me permet d'étendre mes interprétations antérieures et d'en tirer les conclusions suivantes :

Stratigraphie : les couches du Pamir sont les mêmes que celles de l'Hindou-Kouch occidental. La série complète s'établit ainsi :

*Précambrien :* roches cristallines et cristallophylliennes, schistes et cipolins. *Discordance.*

*Cambro-Silurien* à Trilobites et Brachiopodes dans le Pamir; *Dévonien* à *Spirifer; Anthracolithique* à Fusulinidés, nepermettant pas de subdiviser le Permien (Hindou-Kouch et Pamir).

*Mouvements hercyniens* et discordance.

*Trias :* volcanique dans l'Hindou-Kouch occidental, marin dans le Pamir. *Lias* à Végétaux surmonté dans le Pamir par du *Jurassique* marin.

---

([1]) *Livre jubilaire Soc. géol. Fr.*, 1930, p. 331.

([2]) *L'Hindou-Kouch et le Kaboulistan. Contribution à l'étude géologique et géomorphogénique de l'Afghanistan*, Paris.

([3]) D. Nalivkin, *Trans. Geol. Prosp. Serv. U.S.S.R.*, Moscou 1932, fasc. 182, 104 pages; G. Yudin, *Bull. geol. Prosp. U.S.S.R.*, Moscou, 51, 1932, p. 635-643.

*Mouvements post-jurassiques :* leur existence et leur durée que j'avais signalées en 1926 sont entièrement confirmées par les géologues du Pamir.

*Crétacé :* inférieur, surtout continental et lagunaire; supérieur, marin, continué par le *Nummulitique* marin.

*Mouvements alpins :* une première série, vers la fin du Nummulitique et une seconde au cours du Néogène. La mise en place de certains granites date de la première série dans l'Hindou-Kouch et dans le Pamir.

*Néogène et Quaternaire :* grandes épaisseurs de conglomérats fluviatiles et épisodes glaciaires.

STRUCTURE TECTONIQUE ET OROGRAPHIE. — *Le Pamir et l'Hindou-Kouch constituent un seul et même massif, appartenant à une seule et même unité structurale.*

L'ensemble représente un grand anticlinorium dont la couverture tertiaire, secondaire et primaire a été érodée dans la partie centrale. Cette zone axiale (SW-NE) dépassant 7000$^m$ d'altitude est constituée par le noyau antécambrien; elle s'ennoie à ses deux extrémités dans des zones de flexure où la série sédimentaire est conservée. Cette zone axiale est complètement ceinturée par une auréole de terrains primaires; elle est bordée, au Nord, à l'Est et à l'Ouest, par des terrains plus récents, secondaires et tertiaires.

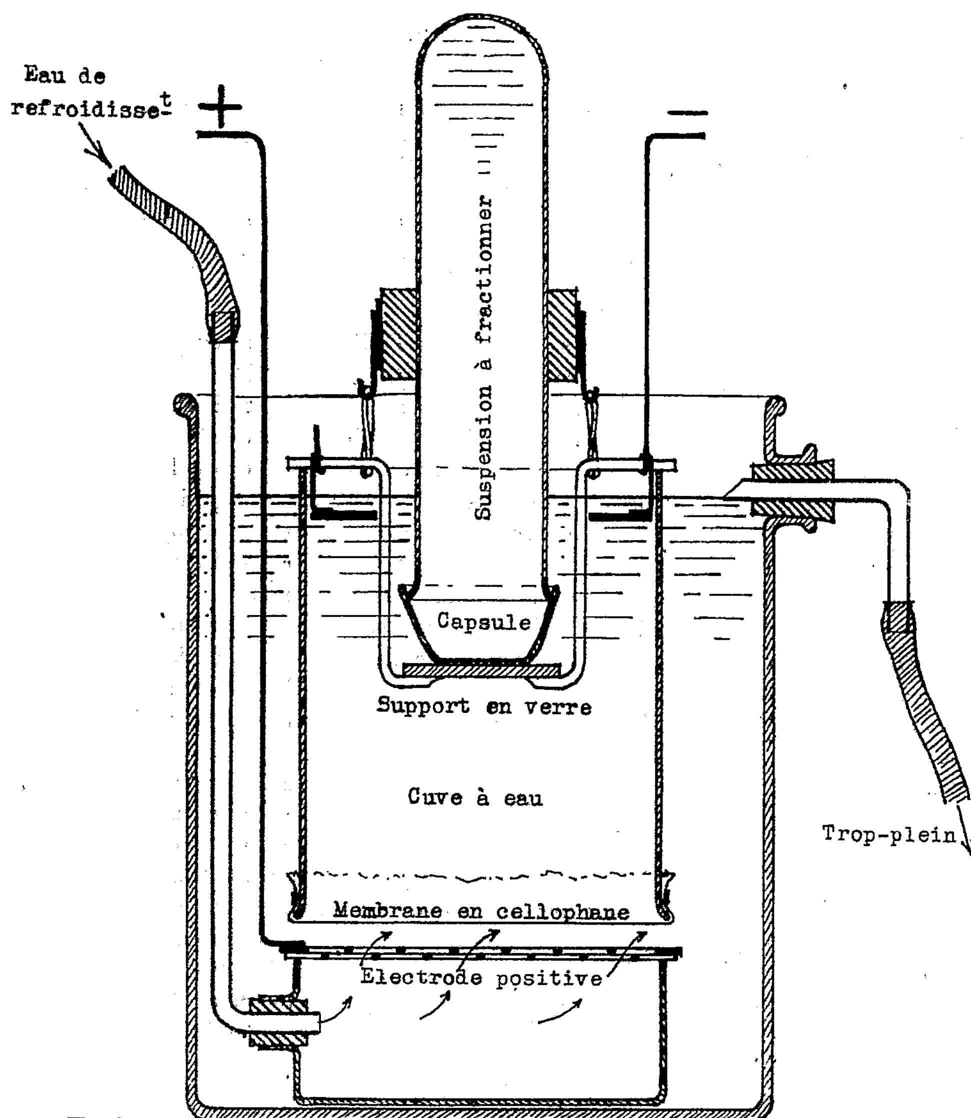
L'orographie générale apparaît dominée par une ligne de hauts reliefs, dirigée SW-NE, ininterrompue sur 600$^{km}$ : c'est l'Hindou-Kouch, situé sur la bordure méridionale du massif, avec sa ligne de hauts sommets atteignant 7750$^m$. La zone septentrionale est constituée par des reliefs secondaires, les uns parallèles à l'Hindou-Kouch, comme les chaînes du Grand Pamir qui ne dépassent pas 7000$^m$, les autres perpendiculaires, comme les Monts Khodja Mohammed.

GÉOLOGIE. — *Sur la séparation des divers constituants des argiles.* Note (1) de M. **Pierre Urbain**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les argiles et les sédiments analogues comportent des *minéraux cristallisés*, insolubles dans l'eau et faiblement adsorbants, des *matériaux colloïdaux*, pseudo-solubles et très adsorbants, et des *électrolytes*, solubles et adsorbables. En général, le sédiment est imbibé par une solution aqueuse

(1) Séance du 26 février 1934.

renfermant une partie des électrolytes, le reste étant adsorbé par les colloïdes. La réaction de cette solution, la valeur du rapport *électrolytes dissous/électrolytes adsorbés* et l'importance relative des trois groupes de




constituants énumérés ci-dessus sont les facteurs essentiels des propriétés des argiles, et en particulier de leur imperméabilité (¹).

(¹) P. Urbain, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1036.

Dans ces conditions, la séparation des constituants des argiles est d'un haut intérêt pour le géologue et le géochimiste. La méthode couramment employée consiste à disperser le sédiment dans l'eau, et à le fractionner par décantation simple ou par centrifugation; mais elle est longue et pénible : après 30 lavages suivis d'autant de centrifugations, on sépare au plus 90 pour 100 des colloïdes présents, et ils ne sont pas encore débarrassés d'électrolytes ([1]). Les méthodes qui font intervenir des agents chimiques sont à rejeter, car elles modifient la composition et même la nature des différents constituants.

Pour améliorer le rendement des séparations, nous avons songé à utiliser les propriétés électriques des colloïdes, si souvent mises à profit au laboratoire ([2]) et dans l'industrie.

On disperse 5 à 20$^g$ d'argile dans 500$^{cm^3}$ d'eau distillée. La suspension est centrifugée trois fois; le liquide surnageant renferme la majeure partie des électrolytes. Le sédiment, qui réunit les minéraux cristallisés et les colloïdes, est remis en suspension dans une éprouvette, complètement remplie d'eau distillée et fermée par une capsule renversée s'adaptant exactement sur elle, grâce à un rodage de quelques millimètres de hauteur. L'éprouvette ainsi fermée est retournée sur une cuve pleine d'eau distillée, la capsule obturatrice reposant sur un support la maintenant à 10$^{cm}$ au-dessus du fond. Les minéraux cristallisés, plus denses que les colloïdes, se rassemblent dans la capsule. Un champ électrique dirigé de bas en haut, et pouvant atteindre 100 volts/centimètre (au total 1500 volts) peut être établi entre deux électrodes métalliques placées, l'une sur le fond de la cuve (+), l'autre immédiatement au-dessous de la surface de l'eau (—). On relève alors doucement l'éprouvette, et les colloïdes diffusent lentement sans que l'éprouvette se vide d'eau, car elle fonctionne comme un tube manométrique. L'intensité du courant augmente progressivement et peut atteindre 250 milliampères en fin d'expérience : à ce moment, tous les colloïdes chargés négativement ont été entraînés vers l'électrode positive, contre laquelle ils ont coagulé en se déchargeant. Le champ contrarie la chute des colloïdes positifs qui restent en suspension. Quelques précautions (refroidissement extérieur de la cuve, interposition d'une membrane de cellophane entre l'électrode positive et l'eau de la cuve, etc.) permettent de réduire l'influence perturbatrice des courants de convection et des dégagements gazeux. On décante alors le liquide, et l'on répète l'expérience sur les minéraux cristallisés retenus dans la capsule et sur les colloïdes négatifs coagulés. Enfin, deux électrodyalises par les procédés ordinaires permettent de débarrasser de toute trace d'électrolytes les colloïdes des deux signes.

En définitive, 12 opérations seulement permettent d'obtenir une fraction

---

([1]) M. Whitney, *Chimie colloïdale des sols*, in R. H. Bogué, p. 21-42.

([2]) Voir notamment : N. Chroucroun, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 777.

cristalline complètement lavée, une fraction colloïdale enrichie en particules positives (hydroxydes métalliques), une fraction colloïdale enrichie en particules négatives (silicates d'alumine hydratés) et une solution saline. Ces quatre fractions peuvent être analysées séparément, ce qui donne, sur l'argile traitée, des renseignements que l'analyse globale est incapable de fournir.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la mesure du champ électrique terrestre et de ses variations.* Note de M. **G. Grenet**, présentée par M. Ch. Maurain.

On admet généralement que les appareils utilisés pour la mesure du champ électrique terrestre et de ses variations lentes ne permettent pas de mesurer les variations brusques de ce champ. Cette façon de voir tient à ce qu'on néglige de tenir compte de l'influence électrostatique du champ électrique sur le collecteur de potentiel, ce qui n'est pas justifié.

Considérons une installation de mesure comportant un collecteur de potentiel et un dispositif d'enregistrement. La théorie élémentaire fait intervenir : un coefficient $a$ reliant le potentiel V au champ électrique H ($V = aH$), la capacité C du système isolé et un coefficient caractérisant le débit du collecteur. Je ferai intervenir de plus le coefficient d'influence D du champ sur le collecteur. Ce coefficient est tel que le champ électrique H induit sur le collecteur une charge électrique $Q = -DH$.

Dans ces conditions la charge portée par le système isolé est

$$Q = CV - DH. \tag{1}$$

Lorsque le collecteur est en équilibre avec le champ on a

$$V = aH, \tag{2}$$

donc

$$Q = (C.a - D)H. \tag{3}$$

Ces relations permettent de calculer la façon dont le collecteur suit une variation brusque du champ. En admettant que la variation ΔH du champ soit assez rapide pour que la charge totale portée par le système isolé ne varie pas, on trouve facilement que la variation du potentiel du conducteur est

$$\Delta V = \frac{D}{C.a}\, a\, \Delta H.$$

On voit donc que les installations utilisées pour mesurer les variations lentes du champ électrique sont également sensibles à ses variations brusques.

Pour que le collecteur suive fidèlement toutes les variations du champ il suffit qu'on ait $D = C.a$; dans ce cas la charge totale du système isolé est nulle, la prise de potentiel n'a aucune charge à écouler, ce qui fournit une seconde explication de la mise en équilibre sans retard.

On peut réaliser parfaitement cette condition en utilisant comme collecteur une perche isolée portant une prise de potentiel placée en un point convenablement choisi et non à son extrémité suivant l'habitude.

On a donc la possibilité d'étudier dans le détail les variations du champ électrique au moyen d'installations simples, à condition toutefois d'utiliser un électromètre de période assez faible pour ne pas introduire une nouvelle cause de retard.

BOTANIQUE. — *La végétation du massif des Seksaoua (Grand-Atlas occidental).* Note [1] de M. **Louis Emberger**, transmise par M. Flahault.

Le massif des Seksaoua forme les hautes montagnes les plus occidentales du Graud-Atlas. Accessible depuis peu, sa végétation était inconnue. J'ai parcouru ce pays l'été dernier [2] et fait l'ascension des plus hauts sommets (Tinerguet, 3555$^{m}$; Aoulime, 3475$^{m}$; Ras Moulay Ali, 3350$^{m}$; Cheïf Ouaou Sarmelt, 3000$^{m}$). Le massif est entièrement cristallin, à l'exception des basses altitudes et de quelques bancs étroits entre 3000 et 3500$^{m}$, qui sont calcaires.

A l'Ouest et au Sud, la forêt d'Arganiers couvre les pentes. Dans la vallée des Aït Moussa ouverte au Sud-Ouest, l'Arganier atteint 1250$^{m}$, mais en abordant le haut massif par la vallée des Aït Driss, l'aridité du climat diminuant rapidement, l'Arganier disparaît dès 950-1000$^{m}$ et s'élève rarement plus haut.

Le versant nord du massif est recouvert, jusqu'à 1000$^{m}$ (Col du Machou), par la Savane, très dégradée, d'*Acacia gummifera* et de *Zizyphus Lotus*, homologue de la forêt d'Arganiers. Elle constitue, avec l'Arganier, l'étage méditerranéen aride.

(1) Séance du 5 février 1934.

(2) Accompagné de J. Dresch.

A ces groupements succède, partout, une Callitriaie à *Genista myriantha* plus ou moins entremêlée de *Juniperus phœnicea* et d'*A. gummifera;* çà et là, *Pistacia atlantica* et *P. Lentiscus*, *Rhus oxyacantha*, *Ceratonia*, *Atractylis cæspitosa*, des colonies d'Halfa. *Juniperus phœnicea* n'est pas réparti sans règle; moins thermophile que *Callitris* il apparaît d'abord au fond des ravins et sur les versants nord, à la limite supérieure de la Callitriaie, il est sur tous les versants. La Callitriaie-Juniperaie cesse, en général, à 1400-1450$^{m}$; elle caractérise l'étage méditerranéen semi-aride [1].

Le Chêne-vert (*Q. Ilex*) vient ensuite. Ce Chêne, très plastique, atteint, suivant les versants, 2800-2900$^{m}$. Dégradée sur d'immenses surfaces, cette forêt n'est conservée que sur les pentes très raides des régions supérieures. L'étude met en évidence deux horizons altitudinaux; le premier, inférieur, très mutilé, correspondant à l'étage méditerranéen tempéré classique, où règne aujourd'hui *Adenocarpus anagyrifolius;* le deuxième, supérieur, dégradé aussi, constituant l'étage méditerranéen humide. Le Chêne-vert forme ici la limite supérieure des forêts. Ce cas est très remarquable, car partout ailleurs, dans les chaînes de l'Atlas ce rôle est tenu par *Juniperus thurifera*, qui manque complètement ici et n'apparaît qu'à l'Est du massif du Tichka, comme l'a vu Jean Dresch. Au Chêne-vert succède donc ici directement l'étage méditerranéen de haute montagne, avec ses xérophytes épineux typiques (*Cytisus Balansæ*, *Alyssum spinosum*, *Arenaria pungens*, etc.). Cet étage est particulièrement bien développé sur le Ras Moulay Ali dont le sommet est en grande partie complètement soustrait au pâturage, grâce à des circonstances très rares en Afrique du Nord [2]. La flore y est remarquable, non par l'endémisme qui est relativement peu prononcé, mais parce que nous retrouvons ici, à l'extrémité occidentale siliceuse du Grand-Atlas, bon nombre de plantes du Grand-Atlas et du Moyen-Atlas orientaux calcaires, telles *Andryala Agardhii*, *Matthiola scapifera*, *Lonicera pyrenaica*, *Cirsium flavispina*, *Hippocrepis* cf *Liouvillei*, etc. Les combes herbeuses du Tichka sont peuplées d'un mélange d'espèces du

---

(1) Le Col du Machou est dans la Callitriaie.

(2) Les populations qui détiennent le droit de pâturage sur le Ras Moulay Ali négligent cette montagne, car elles disposent, au moment où elles pourraient y mener les troupeaux, des grandes combes herbeuses du massif du Tichka (sources du N'fis), de qualité supérieure. Le sol et la végétation du Ras Moulay Ali sont, pour cette raison, en excellent état; nous avons vu ici, pour la première fois au Maroc, un sol de haute montagne mûr, en équilibre avec le climat.

Grand-Atlas central siliceux et du Grand-Atlas oriental calcaire avec *Nardus stricta*, *Gentiana verna*, *Deschampsia cæspitosa*, *Carex intricata*, *Botrychium Lunaria*, etc. Enfin, un certain nombre d'espèces, dont on remarque la grande abondance dans les hautes montagnes marocaines, telles *Astragalus Ibrahimianus* et *Ormenis scariosa* sont extrêmement rares ou manquent complètement dans le massif des Seksaoua.

Le massif des Seksaoua constitue indiscutablement un *secteur* propre du Grand-Atlas; le comportement du Chêne-vert formant limite forestière, l'absence complète de *J. thurifera*, l'extrême rareté d'espèces comme *Ormenis scariosa* et *Astragalus Ibrahimianus*, si répandues aux hautes altitudes, l'existence d'une flore ayant plus d'affinité avec le Grand-Atlas oriental et le Moyen-Atlas qu'avec le Grand-Atlas central voisin, sont des traits vigoureux. Nous ajoutons que la limite supérieure des forêts n'est nulle part plus basse dans tout le Grand-Atlas.

*Explications :* Le Genévrier thurifère est, en Afrique du Nord, l'arbre spécifique du climat méditerranéen semi-aride froid, climat sec et continental [1], qui ne peut se différencier que dans les montagnes assez sèches, éloignées de l'Océan. Or, le massif des Seksaoua s'élevant comme une muraille à proximité de la mer, a, aux hautes altitudes, un climat trop humide et insuffisamment continental pour que le climat semi-aride froid puisse s'y différencier. *J. thurifera* est donc absent.

L'abaissement de la limite forestière, qui est ici à 2900$^m$ environ, alors qu'elle atteint 3000-3150$^m$ dans les autres parties du Grand-Atlas, est, sans doute, également en rapport avec la continentalité relativement faible du climat. Ce fait corrobore ce qui a été observé dans les Alpes où des rapports entre la limite supérieure des forêts et le degré de continentalité du climat ont été mis en évidence [2].

Enfin, le fait qu'il existe chez les Seksaoua siliceux une flore ayant beaucoup de traits communs avec celle des hauts sommets calcaires du Moyen-Atlas et du Grand-Atlas oriental éloignés, permet de penser qu'à l'Est du massif des Seksaoua le climat devenant plus continental, et surtout plus froid, le calcaire est nécessaire pour compenser la douceur relative du climat des hauts sommets du Grand-Atlas occidental. Cette flore évite, en effet, le Grand-Atlas central voisin qui est siliceux comme le massif des Seksaoua.

---

(1) En tant que climat méditerranéen naturellement.

(2) Cf. Brockmann-Jerosch, *Englers Bot. Jahrbücher*, 49, 1913, p. 19.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur le métabolisme du noyau et des plastes dans les cellules végétales*. Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

On connaît l'aphorisme célèbre de Claude Bernard : « La vie, c'est la mort », par lequel l'illustre physiologiste exprimait que la matière vivante est en voie continuelle de rénovation par destruction et reconstitution incessante de ses éléments. Cette conception est généralement admise avec cependant cette restriction que l'usure de la substance vivante doit être regardée comme faible et que ce sont les réserves qui semblent surtout disparaître au cours de la désassimilation.

Mes recherches sur la physiologie du noyau et des plastes m'ont amené à envisager les divers aspects de ce métabolisme de la matière vivante dans la cellule végétale.

J'ai montré antérieurement que si l'on soumet à un jeûne hydrocarboné prolongé un axe embryonnaire de Haricot mis à germer sur le buvard humide, le noyau de la cellule subit une réduction considérable (qui peut atteindre les 5/6e de sa masse) et que le report des cellules ainsi amoindries sur le saccharose à 5 pour 100 provoque la reconstitution du noyau dans son aspect général primitif. Mais il est important d'observer que dans un même lot certains embryons, pour la vitalité desquels le jeûne s'est trouvé trop prolongé, ne subissent aucune réaction nucléaire du fait du transport sur le saccharose et continuent à évoluer vers la mort comme les embryons non transportés. Si l'on considère que les phénomènes d'accroissement du noyau pendant la phase de reconstitution précitée présentent, comme je l'ai montré, le même optimum physiologique de température (voisin de 30°) que les phénomènes qui président à la croissance de la masse nucléaire au cours des divisions successives dans les cellules embryonnaires de Haricot, on voit qu'il y a lieu de les considérer comme de même nature, c'est-à-dire comme correspondant à une augmentation de la quantité de matière vivante nucléaire. On peut donc en conclure que les phénomènes de désintégration du noyau qui ont précédé comportent une destruction de la matière vivante qu'il contient. Les expériences précitées mettent ainsi nettement en relief, en ce qui concerne le noyau, les deux aspects, destruction et reconstitution, du métabolisme de la matière vivante; elles montrent que, contrairement à l'opinion admise, celle-ci peut au même

titre que les réserves se détruire *notablement* pendant la désassimilation, tout au moins dans certains états physiologiques tels que l'état de jeûne hydrocarboné; elles font voir d'autre part l'importance de la faculté d'intégration du noyau comme signe de sa vitalité et de celle de la cellule.

On sait d'autre part qu'à côté des variations du noyau qui comme les précédentes affectent sa masse organique, il en existe d'autres qui sont dues à de simples variations d'imbibition, tels que les accroissements de volume déterminés par les basses températures sur les noyaux des Infusoires ou des œufs d'Oursins.

C'est à mon avis dans cette catégorie que doivent être rangées les augmentations parfois très notables de volume du noyau que j'ai observées dans les cellules des embryons du Haricot et des rejets de Pomme de terre à la température de 10-13°, et, comme les variations que j'ai constatées aux températures plus élevées 24° et 34° se présentent avec les mêmes caractères morphologiques et physiologiques, il est permis de les attribuer à la même cause et de conclure que le degré d'imbibition du noyau va en croissant d'une manière continue avec l'abaissement de la température sans qu'il soit possible actuellement de préciser, s'il existe, ce qui paraît cependant très probable, un optimum.

Des changements de volume considérables peuvent aussi s'observer sur les plastes sans qu'il soit toujours possible de leur attribuer, comme dans les cas précités du noyau, une cause précise, variation organique, imbibition, ou autre, ou de faire la part qui peut revenir à chacun de ces facteurs; dans cet ordre d'idées, je rappellerai que pendant la période d'hydrolyse de certaines graines de légumineuses mûrissant dans le fruit vert, les plastes amylifères subissent une régression qui se traduit notamment par une diminution parfois très accusée de leur masse et par une déchéance physiologique sur laquelle j'ai insisté antérieurement. Ces mêmes plastes, après la régression précitée s'accroissent de nouveau considérablement en verdissant dans le cotylédon frais disposé à maturité sur le buvard humide, mais dans le cotylédon sec, placé dans les mêmes conditions, ils restent incolores, inchangés, ayant subi une régression et une déchéance définitive, alors que se développent à côté d'eux d'autres plastes nouvellement venus à l'activité.

Ces observations tout en montrant que les plastes sont susceptibles de mourir dans une cellule bien vivante, à côté d'autres plastes qui conservent leur vitalité, font voir en même temps qu'un signe fondamental, que ces organites ne sont ni morts, ni en voie de mourir, réside dans le fait d'avoir

conservé une faculté d'intégration qui leur permet, lorsque les conditions deviennent favorables, de produire une réaction d'accroissement.

En résumé :

1° les variations de volume du noyau peuvent être dues soit à des variations de masse organique, particulièrement sensibles dans le jeûne hydrocarboné, soit à des différences d'imbibition, l'imbibition du noyau allant en croissant avec l'abaissement de la température;

2° la faculté d'intégration de la matière vivante, c'est-à-dire le pouvoir d'augmenter sa masse par une sorte d'autocatalyse, doit être regardée comme une propriété essentielle, fondamentale de la vie, non seulement de la cellule entière, mais des constituants qui la composent, notamment du noyau et des plastes.

HISTOLOGIE. — *Recherches cytologiques sur les fuseaux neuromusculaires.* Note de M^lle **Gilberte Pallot**, présentée par M. F. Mesnil.

Des recherches entreprises sur les fuseaux neuromusculaires du Chat (langue, muscles oculaires) ont permis de préciser certains points de la cytologie de ces organes.

I. Capsule. — On considère habituellement le fuseau neuromusculaire comme un corpuscule lamellaire allongé, possédant une capsule propre, renforcée par la gaine conjonctive du nerf et se continuant avec le sarcolemme des fibres fusales. En réalité il n'existe pas, dans les fuseaux simples, de capsule proprement dite continue. Il ne s'agit pas davantage d'une encapsulation secondaire totale du fuseau par la gaine du nerf. Il n'existe qu'une mince membrane d'enveloppe comparable au sarcolemme et présentant de simples épaississements lamelleux, localisés aux points de pénétration de la fibre efférente. Il y a étalement partiel et limité de la gaine conjonctive du nerf à la surface du fuseau.

II. Zone centrale protoplasmique multinucléée. — Classiquement, les terminaisons sensitives se feraient, dans une masse granuleuse multinucléée de nature sarcoplasmique, constituée par la substance musculaire modifiée, par raréfaction et perte de la striation et augmentation des noyaux et du protoplasma.

L'utilisation des méthodes mitochondriales (de Regaud) et d'imprégnation (de Bielschowsky) permet d'établir deux faits.

A. *Continuité des fibres de Weissmann et absence de modifications appré-*

*ciables de leurs myofibrilles.* — On n'observe ni modification de structure, ni interruption de l'élément contractile. Les fibres fusales sont toujours visibles sur coupes sériées, en situation médiane ou latérale, souvent déviées ou éparpillées.

B. *Caractères cytologiques névrogliques de la zone multinucléée du fuseau.* — Dans cette formation protoplasmique multinucléée du fuseau, il y a lieu de distinguer :

*a. L'armature conjonctive.* — Elle revêt l'aspect d'un cloisonnement régulier, à disposition arciforme, à compartiments multiples, s'étendant du renforcement lamelleux de la périphérie du fuseau aux fibres musculaires axiales. Ainsi, elle occupe l'espace périfasciculaire. Elle procède de la gaine de Henle de la fibre nerveuse par divisions successives, de plus en plus fines à mesure que s'effectuent les divisions nerveuses elles-mêmes. Aux confins du nerf et du muscle, elle est d'une extrême ténuité.

*b. Les constituants cytologiques.* — Ce sont des noyaux vésiculeux clairs, volumineux, analogues aux noyaux fondamentaux des plaques motrices, au nombre d'un à deux par compartiment, et un chondriome abondant, orienté à l'intérieur des espaces cloisonnés, tassé autour des noyaux, constitué de chondriosomes épais, fortement sidérophiles, différents des sarcosomes et comparables au contraire aux gliosomes des terminaisons motrices du fuseau.

Ces éléments de structure : cloisonnement et chondriome, sont exactement superposables à ceux décrits dans la sole protoplasmique des plaques motrices des fibres striées communes.

La nature névroglique de la gaine protoplasmique périfasciculaire paraît démontrée par le caractère gliosomique du chondriome et la continuité du cloisonnement avec la gaine conjonctive du nerf. Ainsi, dans le fuseau neuromusculaire comme dans la plaque motrice, le corpuscule de Grandry, le corpuscule de Pacini, les terminaisons nerveuses seraient séparées des milieux mésodermiques et mésenchymateux par des formations gliales.

III. Dispositif vasculaire. — Plusieurs capillaires pénètrent dans le fuseau en même temps que les fibres nerveuses, après avoir décrit à sa surface des trajets obliques et des anses vasculaires. Ils suivent le cloisonnement, contournent les logettes, décrivent à l'intérieur de la gaine périfasciculaire une série de méandres réguliers qui multiplient les contacts entre sang et protoplasma.

Ce dispositif vasculaire commun aux terminaisons sensitives et aux plaques motrices du fuseau n'est point autonome, mais en continuité avec

celui des fibres voisines. La solidarité vasculaire des fuseaux neuromusculaires et du muscle tout entier, jointe à l'absence de capsule propre dans les fuseaux simples, est intéressante à souligner au point de vue de la physiologie encore si obscure de ces organes.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les phénomènes qui se passent dans les solutions de collagène, aux limites d'action des acides et des sels neutres.* Note de M^lle L. GUYON, transmise par M. d'Arsonval.

Une solution de collagène de tendons de la queue du rat dans un acide dilué, mise à dialyser contre l'eau distillée pure ou très faiblement acidulée, prend en gelée homogène et transparente lorsque la proportion de l'acide contenu dans la solution descend au-dessous d'une certaine limite. Dialysée contre une solution d'un sel neutre de métal monovalent, elle précipite en fibrilles, vivement éclairées à l'ultra-microscope, à partir d'une certaine concentration de sel, et prend en gelée au-dessous de cette concentration [1].

Nous avons examiné ce qui se passe aux limites de l'action dissolvante de l'acide et de l'action coagulante du sel.

Nous avons utilisé aseptiquement une solution de collagène obtenue en traitant $0^g,60$ de tendons de queue de rat par $60^{cm^3}$ d'acide acétique à 1 pour 10000. Cette solution contenait $1^{mg},25$ de matières sèches par centimètre cube et nous nous étions assurée qu'elle n'éprouvait pas de perte sensible au cours de la dialyse. La solution a été répartie dans des sacs de collodion qui ont été immergés, les uns dans des solutions de taux progressivement décroissants d'acide acétique (I), les autres dans des solutions de NaCl, soit neutres, soit acidifiées (II). Nos observations ont été faites à l'ultramicroscope, au bout de 48 heures, sauf indications contraires. Les chiffres que nous donnons se rapportent à cette expérience; on peut observer des différences d'une solution de collagène à une autre. Les solutions de collagène à l'acide chlorhydrique se comportent de même.

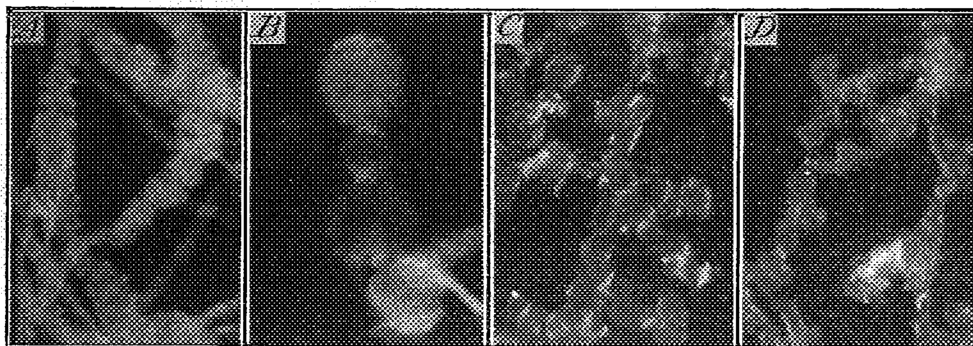
I. Après dialyse contre des solutions acides de taux décroissant, la solution de collagène reste liquide tant qu'elle contient encore 1 pour 100000

---

(1) J. NAGEOTTE, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 115; *C. R. de la Société de Biologie*, 96, 1927, p. 172, 464, 828, 1268; 97, 1927, p. 559; 98, 1928, p. 15; 104, 1930, p. 156; 113, 1933, p. 841, 1398 et 1401; *Annales d'Anatomie pathologique*, 8, 1931, p. 1.

d'acide acétique ($pH = 4,47-4,51$ au chromoionomètre de Abt); à ce taux, sa viscosité paraît déjà sensiblement augmentée. Elle ne prend en gelée que lorsque le taux de l'acide descend à 1 pour 1000000 ($pH = 5,48-5,52$). Il ne se forme pas d'éléments figurés au passage de la solution à la gelée.

II. Par contre, l'addition de faibles quantités de NaCl (1 pour 1000) aux solutions acétiques de dialyse entrave la production de gelée au taux d'acide où elle devrait se produire (1 pour 1000000); ajouté à l'eau dis-




A, acide acétique 1 pour 100000, NaCl 1 pour 1000 (× 230); B, même expérience (× 650); C, acide acétique 1 pour 1000000, NaCl 1 pour 1000 (× 230); D, eau distillée neutre, NaCl 1 pour 1000 (× 650).

tillée, le sel empêche encore la prise en gelée, jusqu'à une concentration de 0,2 pour 1000. A ces faibles concentrations, le sel provoque l'apparition d'éléments figurés nouveaux intermédiaires entre le caillot fibrillaire et la gelée. A dose plus faible, le sel n'agit plus.

Après dialyse contre une solution d'acide acétique à 1 pour 100000, additionnée de 1 pour 1000 de NaCl, le contenu du sac montre, au bout d'une huitaine de jours, des formations nouvelles, en plus de quelques fibrilles identiques à celles bien connues du caillot artificiel de collagène obtenu par le procédé habituel. Ces formations sont : 1° de gros cordons, qui ont l'air de fibres énormes, gonflées et rétractées, ainsi qu'en témoigne leur surface plissée (*fig.* A), et qui rappellent les fibres du tendon naturel lorsqu'elles sont gonflées par un acide; 2° des fibres moins épaisses sur le trajet desquelles on observe des renflements globuleux, isolés ou groupés; 3° des sphérules isolées, tantôt laiteuses (*fig.* B), tantôt transparentes, celles-ci présentant alors des éclats lumineux produits par des fibrilles couchées à leur surface (*fig.* C).

Les fibrilles, les gros cordons, les fibres moins épaisses disparaissent à

mesure que le taux de sel décroît, tandis que les sphérules persistent jusqu'à une dose de NaCl de 1 pour 1000 dans une solution d'acide acétique à 1 pour 1000000, et jusqu'à 0,3 pour 1000 dans l'eau distillée. Leur forme est une sphère aussi parfaite qu'il est possible dans les conditions de l'expérience, où une matière molle est soumise à des pressions venant des éléments voisins et des verres. Leur taille est sensiblement uniforme pour une combinaison donnée de sel et d'acide, plus grande dans une solution acide de taux plus élevé (17$^\mu$), plus petite dans une solution plus faiblement acide, et surtout dans une solution neutre (6$^\mu$). Elles présentent une luminosité diffuse qui diminue en même temps que la dose de sel. Elles sont tantôt isolées, tantôt associées entre elles, ou à des fibrilles encore subsistantes, pour former de grands réseaux lâches avec des arborisations à extrémités libres. Certains rameaux prennent un aspect noueux dû à la coalescence de sphérules déformées et plus ou moins confondues (*fig.* D).

Le mélange de ces sphérules avec les fibrilles, gonflées ou non, qu'on observe lorsque la dose de sel est encore suffisante, semble indiquer que toutes les molécules contenues dans une solution de collagène ne sont pas identiques, les différences pouvant provenir de degrés divers de polymérisation. Les fibrilles et les fibres sont biréfringentes, comme les fibres collagènes du tendon naturel; il en est de même pour les cordons, sauf dans les endroits où les phénomènes de rétraction, en modifiant l'orientation des molécules, changent le signe de la biréfringence; tous ces éléments peuvent être comparés ou même assimilés à des cristaux. Par contre, les sphérules sont absolument privées de biréfringence et dépourvues d'orientation moléculaire; leur surface sphérique laisse supposer qu'au cours de leur formation, elles sont soumises à des phénomènes de tension superficielle.

TOXICOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les manifestations initiales de l'action sympathicolytique de la yohimbine*. Note [1] de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

Bien que, depuis 1925, date où nous l'avons découvert, le phénomène de l'inversion par la yohimbine des effets adrénaliniques ait été l'objet de très nombreux travaux, on n'a pas encore étudié, à notre connaissance du moins, les stades successifs de ce phénomène. C'est à combler cette lacune qu'est destinée la présente Note.

---

[1] Séance du 26 février 1934.

Rappelons tout d'abord que l'hypertension provoquée par les doses moyennes d'adrénaline comporte d'ordinaire quatre phases distinctes : dans la première, la pression s'élève très brusquement; dans la deuxième, elle subit une chute plus ou moins marquée qui interrompt son ascension : c'est la phase de « dépression » ou « dip »; dans la troisième, elle remonte de nouveau assez rapidement et atteint bientôt son niveau maximal; dans la quatrième, enfin, elle redescend progressivement et se retrouve finalement au voisinage de son niveau initial.

Afin de faire connaître les modifications successives de cette hypertension sous l'influence d'une yohimbinisation progressive, voici le protocole d'une des nombreuses expériences que nous avons pratiquées.

Quand l'animal eut été soumis à l'action de $0^{mg},10$ de chlorhydrate de yohimbine par kilogramme, on constata, après l'injection de $0^{mg},05$ d'adrénaline (dose qui provoquait initialement une hypertension comportant les quatre phases ci-dessus décrites), que la première et la deuxième de ces phases étaient très peu modifiées, mais que la troisième était déjà très fortement réduite (I-3).

Quand on eut élevé à $0^{mg},3$ par kilogramme la dose totale de yohimbine injectée à l'animal, les première et deuxième phases furent atteintes à leur tour; il y eut à la fois diminution de la première et augmentation de la deuxième, de telle sorte que la « dépression » amenât la pression carotidienne au voisinage de son niveau initial (II).

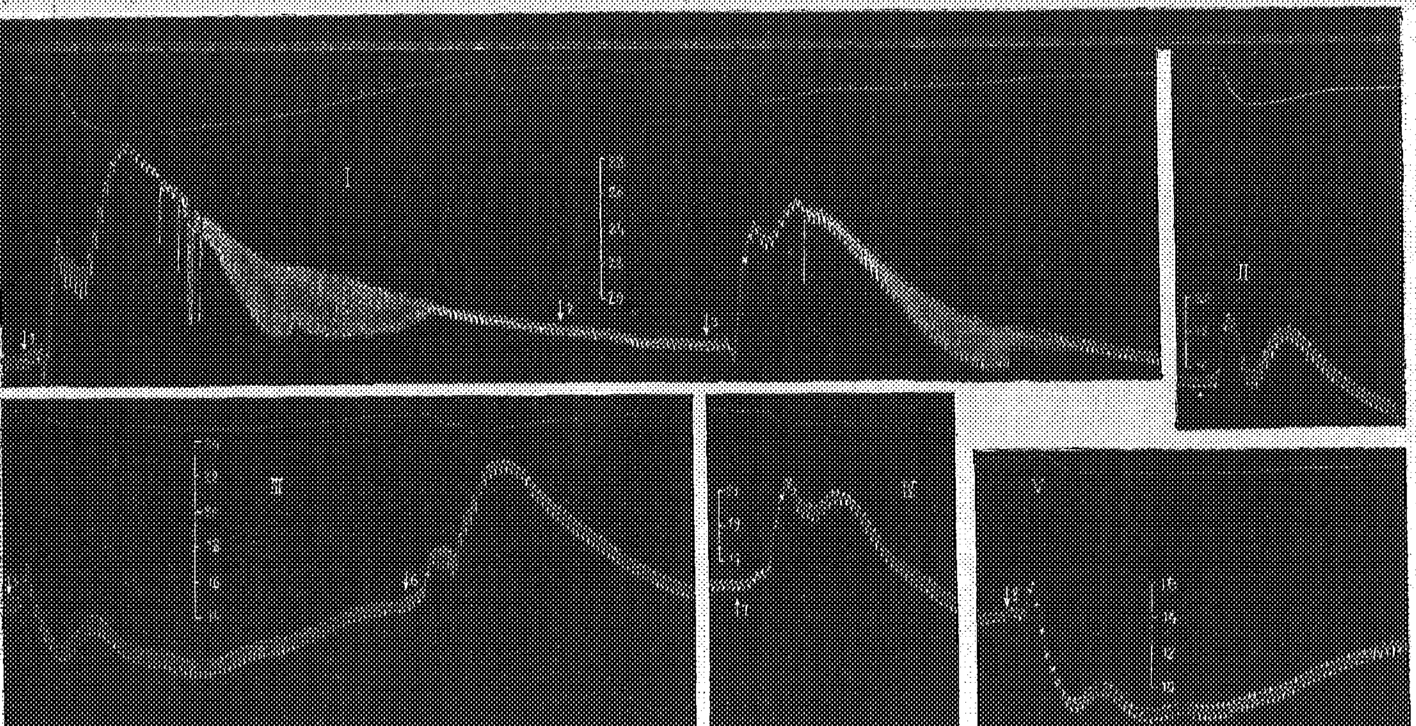
Enfin, quand on eut porté à $0^{mg},5$ par kilogramme la quantité de yohimbine administrée à l'animal, on constata que la première phase était presque totalement supprimée et que la deuxième était tellement accentuée qu'elle se traduisait par une chute de la pression carotidienne amenant celle-ci bien au-dessous de son niveau (III-5).

Ayant injecté alors une dose d'adrénaline deux fois plus forte qu'auparavant (soit $0^{mg},10$), nous obtînmes une hypertension (III-6) peu différente de celle que nous avions observée initialement avec $0^{mg},05$ (III-1). En augmentant progressivement la yohimbinisation, cette hypotension fut modifiée de la même façon que l'avait été auparavant celle produite par une dose deux fois moindre (IV-V).

De nos observations, nous tirons les conclusions suivantes :

1° Aux stades initiaux de son action sympathicolytique, la yohimbine réduit sans la supprimer l'action vaso-constrictive rénale de l'adrénaline;

2° A la dose de $0^{mg},1$ par kilogramme, c'est-à-dire à une dose analogue à la dose minimale employée en thérapeutique humaine, la yohimbine manifeste déjà une action sympathicolytique incontestable;




Chienne de 15kg, anesthésiée par le chloralose (12cg, par kilogramme), bivagotomisée au cou et soumise à la respiration artificielle. — Première ligne : temps en secondes; deuxième et quatrième lignes : modifications du volume du rein enregistrées par l'oncographe d'Hallion et Comte modifié par nous. Troisième et cinquième lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. — Aux points marqués par les flèches 1, 3, 4 et 5, injections dans la saphène, de 0mg,05 d'adrénaline en solution dans 5cm³ de soluté physiologique de chlorure de sodium. En 6, 7 et 8 injections, dans ce vaisseau de 0mg,10 d'adrénaline en solution dans 10cm³ de ce même soluté. — En 2, injection, dans cette même saphène, de 1mg,5 de chlorhydrate de yohimbine pure en solution dans 1cm³ du même soluté. — Entre I et II, injection de 3mg; entre II et III, de 3mg; entre III et IV, de 3mg; entre IV et V, de 30mg de chlorhydrate de yohimbine.— Tracé réduit de moitié.

3° L'hypotension provoquée par les doses liminaires d'adrénaline, la dépression qui interrompt l'ascension de la pression produite chez l'animal normal par les doses moyennes de cette amine, enfin l'hypotension déterminée chez l'animal yohimbinisé ou ergotaminisé par ces mêmes doses moyennes, peuvent être considérées comme des manifestations d'un même processus. Mais si, dans le troisième cas, l'action hypotensive de l'adrénaline ne se heurte plus à aucune action vaso-constrictive, dans le deuxième cas, elle est presque totalement entravée par l'intensité de la vaso-constriction, dans le premier cas, enfin, elle est diminuée par la faible vaso-constriction que semblent provoquer d'ordinaire les doses liminaires d'adrénaline.

BIOLOGIE. — *Biotypologie et classification scolaire.* Note [1] de MM. H. Laugier, E. Toulouse et D. Weinberg, présentée par M. L. Lapicque.

Un des problèmes centraux de la biologie appliquée à l'organisation est le problème de la classification des individus par la détermination de leurs caractères différentiels. Ce problème est comme un carrefour scientifique où se rejoignent les besoins de classification qui se manifestent dans l'orientation et la sélection professionnelle, l'organisation rationnelle du travail, de l'entraînement et du sport, la répartition du contingent militaire, le contrôle et le perfectionnement des techniques pédagogiques, la détermination des prédispositions les plus diverses (accidents, maladies, etc.), les recherches ethnographiques.

L'examen des travaux antérieurs montre que la presque totalité des classifications proposées repose sur l'examen d'un groupe particulier de caractères qui, précisant un aspect biologique partiel (anthropométrique, endocrinologique, psychotechnique, psychiatrique) ne peut aspirer à atteindre la personnalité complète des sujets à classer. Nous ne voulons pas méconnaître l'intérêt théorique qui peut s'attacher à classer des individus par rapport à un seul caractère, ou à un seul groupe de caractères; mais il nous paraît non douteux qu'étant donnée l'interdépendance complexe et précise des diverses fonctions de l'organisme, une classification qui vise des applications pratiques et qui se propose de différencier les individus au point de vue de leur efficacité professionnelle et de leur comportement

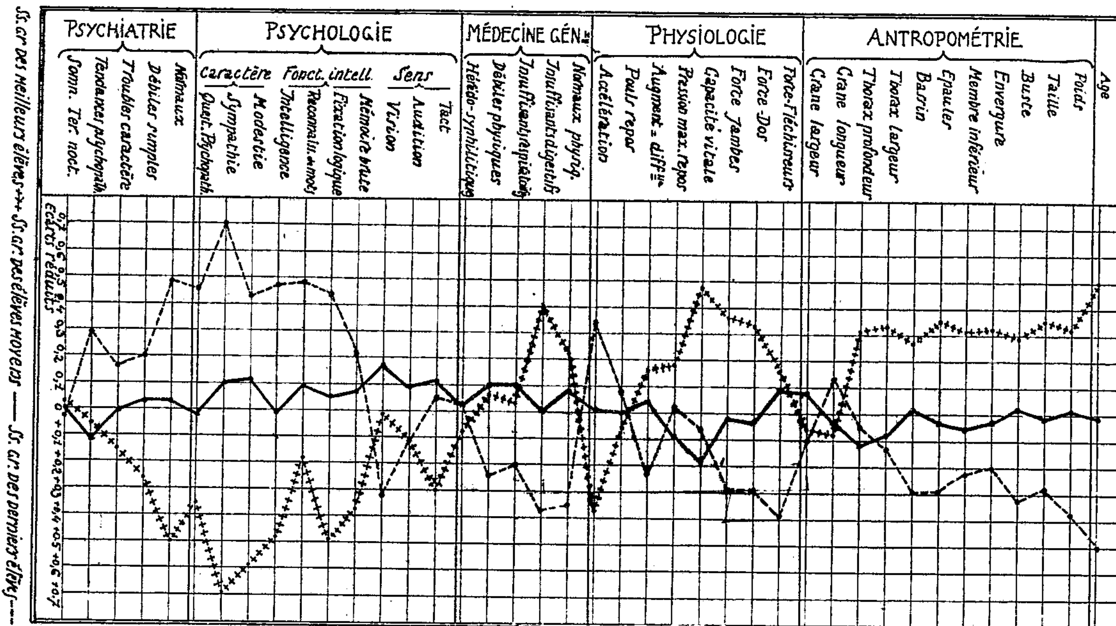
---

[1] Séance du 26 février 1934.

général ne peut reposer que sur l'examen d'un ensemble organique de mesures couvrant simultanément tous les champs biologiques accessibles.

Ainsi doit se constituer une classification à base biotypologique, l'objet de la biotypologie étant précisément de définir les types humains et d'établir les corrélations structurales qui lient les indices biométriques, représentatifs des diverses fonctions dans un individu isolé ou dans un groupe.

Nous avons voulu faire une première application de cette méthode à un problème particulier, mais important, celui de la classification scolaire. Après avoir fait établir, par une commission constituée à cet effet et com-




prenant des spécialistes des diverses branches de la biologie (MM. Mac-Auliffe, Courtois, Champy, Delaville, Heuyer, Lahy, Laugier, Pieron, Toulouse, Mlle Weinberg, M. Weissmann-Netter), un schéma d'examen complet, nous l'avons appliqué à un groupe de 127 enfants, élèves des écoles de la Ville de Paris, d'âge moyen de 10 ans et demi.

Ayant ainsi recueilli une masse considérable de mesures et de documents dont chaque groupe comporte son intérêt intrinsèque, et dont le dépouillement critique va faire l'objet d'une publication étendue, nous avons recherché les liaisons de fait qui existent sur ce groupe étudié entre les caractéristiques biologiques des sujets et leur rendement scolaire. Pour cela, nous avons, dans le groupe total, constitué trois sous-groupes, d'après

leur succès scolaire mesuré par l'ensemble des notes de l'année (groupe des bons élèves, 25 pour 100; groupe central des moyens, 50 pour 100; groupe des mauvais, 25 pour 100) et nous avons déterminé, dans chaque sous-groupe, la moyenne des valeurs représentatives des sujets qui le constituent, pour chaque indice biométrique recueilli. Pour exprimer sur un graphique, en unités comparables, les résultats portant sur des indices biométriques divers, toutes les valeurs ont été traduites en écarts à partir de la moyenne, ces écarts étant ensuite rapportés à l'indice de dispersion du groupe (écarts réduits).

Ainsi se trouvent constitués des graphiques que l'on peut appeler profils biotypologiques et qui révèlent des différences biologiques très systématiques entre les sous-groupes constitués d'après le rendement scolaire.

Notons seulement quelques résultats généraux :

1° les meilleurs élèves sont parmi les plus jeunes; les mauvais, parmi les plus âgés;

2° dans la partie physique du profil (anthropométrie, physiologie, médecine générale), les meilleurs élèves se montrent en général inférieurs; les mauvais, supérieurs à la moyenne de l'ensemble du groupe;

3° l'accélération cardiaque d'effort, dont on sait (A.-B. Fessard, A. Fessard et H. Laugier) que sa valeur augmente avec l'âge, présente cependant, chez les meilleurs élèves, bien qu'ils soient les plus jeunes du groupe, les chiffres les plus élevés;

4° à cette infériorité physique des bons élèves s'oppose leur nette supériorité dans la partie psychologique du profil.

Ces constatations, intéressantes en elles-mêmes et qui nous paraissent légitimer la généralisation de la méthode biotypologique à tous les problèmes de la classification des individus, comportent dès maintenant d'importantes conséquences pratiques pour les examens médicaux, ou d'aptitude physique, qui réalisent une sélection préalable à l'entrée des carrières les plus diverses.

*Observations de M.* **L. Lapicque**, *au sujet de la Note précédente.*

Le graphique établi par les auteurs pour représenter leurs résultats fait bien apparaître la loi qu'ils indiquent, la courbe des bons élèves se trouvant, à droite, zone des caractères physiques et physiologiques, généralement en haut, c'est-à-dire du côté de l'infériorité par rapport à la

moyenne. Deux caractères seulement reviennent au voisinage de l'axe zéro (dimensions du crâne) ou passent du côté opposé (accélération du pouls par le travail). Or le premier est un caractère sans intérêt ici, et *a priori*, étant donné le mélange ethnique de la population parisienne, on pouvait prévoir qu'il ne donnerait aucune variation systématique. Il faudrait donc, soit le supprimer, malgré le prestige traditionnel des types craniens, soit le placer tout à fait à une extrémité de la série, par exemple, en haut. Le second devrait être changé de signe. L'accélération du pouls par le travail n'indique pas une supériorité physique, mais une infériorité; elle est moindre chez un sujet entraîné que chez un sujet non entraîné.

Si l'on fait les deux corrections que je viens d'indiquer, chacune étant justifiée anthropologiquement ou physiologiquement en elle-même, et non pour les besoins de la cause, l'allure de la courbe devient tout à fait nette.

Je tiens à ajouter qu'ici, comme ailleurs, le rôle de la Science doit se borner à démontrer les faits : les conclusions sociales qu'on en peut tirer appartiennent à un autre domaine.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Diffusion de l'alcool dans l'organisme et eau liée*. Note de M. **Maurice Nicloux**, présentée par M. Louis Lapicque.

Nous avons démontré, G. Gosselin et moi ([1]), les faits suivants concernant la diffusion de l'alcool éthylique *in vitro* et *in vivo* :

*In vitro*, l'alcool en solution aqueuse diluée (2 à 5 pour 1000) diffuse aisément à travers des sacs de collodion renfermant des liquides organiques tels que ovalbumine, sang et sérum, lait, etc. L'équilibre atteint, la teneur en alcool, rapportée à l'eau seule du liquide des sacs, est égale à la teneur en alcool du milieu extérieur : le rapport de ces deux teneurs est égal à l'unité. *In vivo*, chez les goujons placés dans ces mêmes milieux, la teneur en alcool de l'eau tissulaire ([2]) est inférieure à celle du milieu extérieur, le rapport de la première teneur à la seconde n'est plus égal à l'unité, il oscille autour de 0,85-0,90.

Tels sont les faits expérimentaux. L'interprétation de ceux observés *in vitro* est aisée : l'eau et l'eau seule se laisse pénétrer par l'alcool et le fixe.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 1100 et 1102.

([2]) L'eau des tissus chez le goujon représente 78 à 80 pour 100 du poids de l'animal.

*In vivo*, cette interprétation est beaucoup plus délicate. On est en effet obligatoirement amené à distinguer dans la cellule une variété d'eau imperméable pour l'alcool, dans laquelle cette substance ne diffuse pas, et la constatation de ce fait imprévu permet de revenir par une nouvelle voie à la notion d'*eau liée* que des mesures essentiellement physiques ont mis en évidence ([1]).

Ceci dit, je vais supposer, comme les auteurs qui m'ont précédé, que les protéides des tissus sont, dans la cellule, les substances auxquelles l'eau se lie, et en première approximation je ne considérerai que la substance sèche ([2]).

Soient donc $Q_a$ la teneur en alcool d'un poisson (goujon) placé dans un milieu de teneur $Q_e$, une fois l'équilibre atteint; $s$ le pourcentage de substance sèche; $k$ un facteur qui représente ce que devient l'unité de poids de substance sèche lorsqu'elle fixe $k-1$ d'eau, le reste de l'eau du tissu, parfaitement perméable à l'alcool, ayant par conséquent une teneur exactement égale à $Q_e$. Un calcul simple montre que, dans ces conditions, la valeur de $k$ est donnée par la formule

$$k = \frac{100\left(1 - \frac{Q_a}{Q_e}\right)}{s},$$

sous réserve que $Q_a$ et $s$ soient déterminés sur le même animal.

Chez le goujon entier la valeur de $k$ oscille autour de 1,4, chez la sangsue elle est de 1,42. Pour le muscle de la grenouille on note 1,45 et 1,50, de la tanche 1,51. Chez l'anguille, dont le tissu musculaire est beaucoup plus riche en lipides (jusqu'à 30 pour 100 du poids du tissu humide) qu'en protéides, la valeur de $k$ rapportée à ces derniers, à l'exclusion des lipides, présente pour $k$ des valeurs comprises entre 1,45 et 1,50 qui sont exactement celles trouvées pour le muscle de la grenouille et de la tanche.

Le coefficient $k$ est influencé par les électrolytes du milieu extérieur : si l'on place une aiguille dans de l'eau de mer artificielle, $k$ s'abaisse et

---

(1) Il faut noter cependant que l'existence de cette eau est niée par A. V. Hill. Voir la bibliographie dans la revue critique de R. A. Gortner. *The Rôle of Water in the Structure and Properties of Protoplasm*, parue dans *Annual Review of Biochemistry*, 1, 1932, p. 21-54.

(2) Pour le goujon, cette manière de voir se justifie pleinement; lipides et glucides n'existant dans l'organisme de cet animal qu'en quantité très petite.

de 1,48 (nombre moyen) passe à 1,1; dans un milieu constitué par moitié d'eau douce et d'eau de mer, à 1,24. On peut faire des constatations analogues chez le goujon : placé dans du liquide de Ringer, *k* passe de 1,4, valeur dans l'eau ordinaire, à 1,3; dans un Ringer de concentration double, à 1,2.

On peut également faire varier *k* en mettant les tissus hachés au contact du liquide alcoolisé. Les expériences ont été réalisées sur des goujons sacrifiés dans le milieu dans lequel ils ont vécu; toutefois à la température de 22°, *k* devient égal à l'unité en 24 heures, alors qu'à la glacière et en 30 heures, *k* baisse beaucoup moins, passant de 1,4 à 1,3.

En résumé et pour conclure on peut admettre que dans la cellule à l'état physiologique, une certaine quantité d'eau forme avec les protéides un tout qui ne dissout pas l'alcool — et vraisemblablement d'autres substances — elle représente à très peu près la moitié du poids de la substance sèche. Existe-t-il un rapport quelconque entre cette eau et la *bound water* de l'École anglaise ou la *gebundenes Wasser* de l'École allemande? Très vraisemblablement. D'ores et déjà cependant elle paraît s'en différencier par certains points : *a.* sa quantité est beaucoup plus faible que celle indiquée par les auteurs pour l'eau liée; *b.* elle est extrêmement sensible aux électrolytes; *c.* elle disparaît dans l'organisme mort ou les tissus détruits. L'intérêt biologique de tels faits nous paraît évident, nos recherches continuent.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réduction de l'α.d-glucoheptulose de W. C. Austin.* Note de M^me **Yvonne Khouvine**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

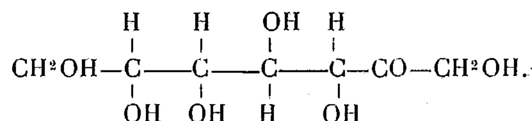
La réduction de l'α.*d*-glucoheptulose obtenu chimiquement donne-t-elle, comme la réduction de l'α.*l*-glucoheptulose obtenu biochimiquement selon la méthode de G. Bertrand, une heptite inattendue?

Nous avons, en suivant avec exactitude le mode opératoire de W. C. Austin [1], fait la synthèse chimique du cétose à partir de l'aldose. En faisant agir à 35° l'eau de chaux saturée sur l'α.*d*-glucoheptose, on obtient facilement un produit cristallin qui fond à 173°, de pouvoir rotatoire $\alpha_D = +61°$.

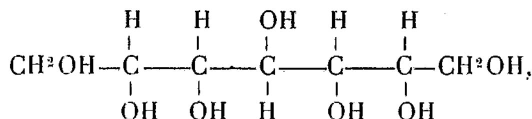
Si l'isomérisation est régulière, la fonction cétonique se place sur le

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 2106.

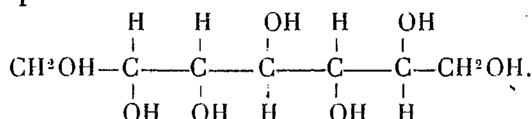
deuxième atome de carbone et le cétose a la formule



Par réduction, on devrait théoriquement obtenir de l'α-glucoheptite



et de la β-glucoheptite



Or ces deux alcools ne se produisent pas.

La réduction par l'amalgame de sodium à 2,5 pour 100 et l'acide sulfurique, en milieu légèrement acide ou faiblement alcalin, donne, après séparation du sulfate de sodium par l'alcool, un abondant précipité d'un corps qui fond à plus 130°. Après plusieurs recristallisations dans l'alcool, le point de fusion, pris au bloc Maquenne, se fixe à 143°-143°,5. L'épuisement fractionné par l'alcool à 80° à la température de 23° montre que la solubilité est de 1,56 pour 100 et que le point de fusion ne varie pas durant le fractionnement.

Le pouvoir rotatoire en solution aqueuse à 4 pour 100 pris dans un tube de $4^{dm}$, donne un $\alpha_{578}^{20} = +2°,10$.

Le diagramme de rayons X est le même que celui de l'heptulite obtenue par réduction de l'heptulose biosynthétique.

L'ensemble de ces faits nous prouve que l'alcool obtenu par réduction de l'α.*d*-glucoheptulose est également une heptulite, mais que c'est l'inverse optique de celle dont le pouvoir rotatoire est $\alpha_D = -2°,24$ et le point de fusion 174°.

On peut, puisqu'elle est préparée par réduction de l'α.*d*-glucoheptulose, dire que c'est l'α-*d*-glucoheptulite.

Elle est oxydée par l'*Acetobacter xylinum* en α.*d*-glucoheptulose. Mais cette oxydation n'apporte pas d'éclaircissement attendu sur sa formule.

Le deuxième alcool qui cristallise n'a pas de pouvoir rotatoire, et son point de fusion est 129°. C'est de l'α-glucoheptite.

Donc, nous pouvons conclure que la réduction de l'$\alpha.d$-glucoheptulose conduit, elle aussi, à un alcool inattendu, auquel il n'est pas possible, en suivant les théories classiques, de donner une formule de constitution. Seule, l'existence des $\alpha$-glucoheptulites est confirmée.

Il faut attendre de nouvelles données sur les heptites et les heptoses, encore assez mal connus, pour élucider ce problème de structure.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les facteurs qui arrêtent la synthèse d'un pigment bactérien.* Note de M^lle **O. Grootten** et M. **N. Bezssonoff**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Quel que soit leur rôle physiologique propre, les pigments de certaines bactéries apparaissent comme des témoins qui reflètent l'intensité de l'oxydation intraplasmique. Ainsi, d'après Lasseur, le *Bacillus prodigiosus* se développe incolore dans une atmosphère d'azote et rouge quand ce dernier est remplacé par l'air, le pigment étant localisé à l'intérieur de la plastide. D'après Marchal (1932), le pouvoir d'une variété rouge de *B. prodigiosus*, de réduire les nitrates en nitrites, dépasse nettement celui d'une variété blanche.

La connaissance des facteurs pouvant exercer une influence précise et constante sur la synthèse du pigment doit donc permettre de suivre la marche de l'oxydation intraplasmique. Le pH du milieu ne se trouve pas parmi ces facteurs. En cela, nos données s'accordent avec celles de Béguet (1928), Moycho (1930). et Lasseur, Dupaix, Marchal et Combe (1931). Par contre, il s'est avéré que la production du pigment dépend de la composition du milieu, par conséquent des facteurs chimiques. On sait que dans les milieux exempts de sels de fer, les colonies du *B. prodigiosus* se développent blanches. Nous avons obtenu le même effet, non par élimination d'un des composants du milieu, mais par addition de certaines substances organiques. Leur action fut étudiée systématiquement sur le *Bacillus balticus*, souche aimablement envoyée par M. Lasseur. Les substances ont été incorporées à la gélose peptonée. Le pH initial des milieux fut ajusté à 7,0, et le pH final, déterminé après une semaine d'incubation à 20°C. Les cultures témoins faites sur gélose peptonée ordinaire donnèrent toujours lieu à une production intense de pigment; leur pH passait régulièrement de 7,0 à 8,4 après une semaine d'incubation (18 déterminations).

Substances ne produisant aucun effet sur la pigmentation en concentration maximum encore tolérée par le bacille : amidon $(C^6H^{10}O^5)^n$,

50 pour 100; acroléine $CH^2:CH.CHO$, 0,07 N; hydroquinol $C^6H^4(OH)^2$, 0,007 N; aldéhyde formique $CH^2O$, 0,003 N. L'acide salicylique, le gaïacol et l'orcinol paraissent stimuler la croissance du microbe donnant lieu à des cultures blanches particulièrement abondantes.

| Substances déterminant l'arrêt de la formation du pigment du *B. balticus*. | Concentration minimum. | pH final. | Constante de dissociation électrolytique. |
|---|---|---|---|
| Glycol $CH^2OH.CH^2OH$ | 2,2 N | 7,0 | – |
| Alcool méthylique $CH^3OH$ | 1,8 | 7,8 | 14–15 |
| Acétone $CH^3.CO.CH^3$ | 1,7 | 7,4 | – |
| Fructose $CH^2OH\ (C^4H^6O^4)\ CH^2OH$ | 1,6 | 6,2 | 13 |
| Glycérol $CH^2OH.CH.OH.CH^2OH$ | 1,4 | 6,8 | – |
| Glucose $CHOH\ (C^4H^7O^4)\ CH^2OH$ | 1,4 | 6,4 | 13 |
| Alcool éthylique $CH^3CH^2OH$ | 0,8 | 7,2 | – |
| Dioxane $O\ (C^2H^4)^2O$ | 0,4 | 6,7 | – |
| Tryméthylcarbinol $(CH^3)^3COH$ | 0,3 | 7,6 | – |
| Acétal $CH^3CHO$ | 0,3 | 6,8 | 15 |
| Aldéhyde butylique $C^3H^7CHO$ | 0,06 | 6,3 | – |
| Phloroglucinol $C^6H^3(OH)^3$ (1, 3, 5) | 0,01 | 7,8 | 7 |
| Alcool allylique $CH^2:CH.CH^2OH$ | 0,008 | 7,3 | – |
| Résorcinol $C^6H^4(OH)^2$ (1, 3) | 0,008 | 7,4 | 9,4 |
| Orcinol $C^6H^3(CH^3)(OH)^2$ (1, 3, 5) | 0,007 | 7,4 | 6 |
| Pyrocatéchol $C^6H^4(OH)^2$ (1, 2) | 0,007 | 7,2 | 10 |
| Gaïacol $C^6H^4(OCH^3)OH$ (1, 2) | 0,006 | 8,0 | 7 |
| Acide salicylique $C^6H^4(COOH)(OH)$ (1, 2) | 0,005 | 7,6 | 3,8 |
| Phénol $C^6H^5OH$ | 0,004 | 7,4 | 9,8 |

La faculté d'une substance d'arrêter la production du pigment augmente quand la température de l'incubation baisse. Ainsi, à la température de 16°C. la concentration minimum en orcinol se trouve réduite de 0,007 N à 0,004 N, celle du résorcinol — de 0,008 N à 0,005 N et celle de l'acétone — de 1,7 N à 1,5 N.

Il apparaît donc que le pouvoir d'arrêter la synthèse du pigment appartient en premier lieu à la fonction oxhydrile. Son activité est renforcée quand il fait partie d'un groupe d'alcool tertiaire. La présence d'une double liaison dans la molécule provoque le même effet, le voisinage d'un autre oxhydrile le contrarie. L'activité du dioxane indique qu'hormis l'oxhydrile, le groupe —C—O—C— peut aussi être pris en considération. Une action du groupe —CO— paraît improbable. Celle de l'acétone et des aldéhydes acétique et butylique peut être attribuée à leur forme énolique en —C:COH. Une pareille énolisation étant impossible dans le cas de l'aldéhyde formique et de l'acroléine, ces composés se révèlent inactifs. En ce qui concerne la constante de dissociation électrolytique, notons que généralement les composés dont la faculté de dissociation est plus grande, valeur de la constante de 4 à 10, s'avèrent plus actifs. La disproportion entre le pouvoir réducteur d'une substance et sa faculté d'arrêter la synthèse du

pigment est évidente. Aussi on ne peut expliquer le phénomène uniquement par une réduction du pigment au cours de sa formation. On ne peut également l'interpréter en tant qu'effet antioxydant de Moureu, l'action de l'hydroquinol et du pyrocatéchol étant relativement faible. Par contre, rien ne s'oppose à admettre que les composés actifs déterminent une hausse du potentiel d'oxydo-réduction du plasma. L'affinité de la plastide par rapport à l'oxygène étant diminuée, il s'ensuit un abaissement de l'intensité de l'oxydation intraplasmique et l'arrêt de la formation du pigment. Il est difficile d'interpréter autrement :

1° le fait que l'oxhydrile déterminant l'arrêt de la pigmentation provoque simultanément une baisse du pH du milieu ;

2° l'augmentation de la faculté d'une substance d'arrêter la synthèse du pigment consécutive à l'abaissement de la température.

MICROBIOLOGIE. — *Influence de la lécithine colloïdale sur le phénomène de la lyse microbienne par le bactériophage.* Note de MM. **B. S. Levin** et **Iwo Lominski**, présentée par M. Achard.

L'un de nous a démontré que l'action cytolytique (1) de plusieurs saponines est partiellement inhibée par l'addition préalable d'émulsions de diverses lécithines aux saponines. Nous avons eu l'idée de reproduire le même phénomène dans la lyse transmissible des microbes par le bactériophage.

Dans nos expériences faites avec des paramécies et des hématies, l'inhibition de la lyse était surtout très prononcée avec la lécithine en solution colloïdale de Magat, qui est formée exclusivement de grains amicroniques et qui est d'une grande stabilité. Cette lécithine (2) préparée à partir du jaune d'œuf, exempte de cholestérine, a été dissoute dans la proportion de 10 pour 100 dans la glycérine très purifiée à 8 pour 100 et 82 pour 100 d'eau distillée. Pour avoir une tension superficielle de l'ordre de celle de l'eau distillée, on stabilise la conductibilité électrique suivant la méthode de Neuschloss (3) par addition des électrolytes suivants : $CaCl^2$, $KCl^2$, NaCl, $NaHCO^3$, selon les proportions voisines de la solution de Ringer; le pH est de 7,3. Toute la préparation a été faite autant que possible à

(1) B. S. Levin et I. Magat, *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 142.

(2) Magat, *Zeitschr. f. exp. Medizin*, 47, 1925, p. 211.

(3) Neuschloss, *Pfluegers, Arch. f. d. ges. Physiol.*, 181, 1920, p. 17.

l'abri de l'air. Cette solution colloïdale de lécithine de 10 pour 100 sur rapport au poids sec est tyndalisée et sert de solution mère (¹).

*Expériences :* $0^{cm^3},5$ de bactériophage antistaphylococcique récemment filtré sur bougie Chamberland L 3 d'un pouvoir lytique très prononcé a été mélangé dans une série de 17 tubes à hémolyse à $0^{cm^3},5$ de solution colloïdale de lécithine en concentrations croissantes, comprises entre 1/20ᵉ et 1/6400ᵉ. Dans 8 tubes le bactériophage a été additionné de $0^{cm^3},5$ d'eau physiologique ou de bouillon pour servir de témoin. Huit tubes ont reçu $0^{cm^3},5$ de lécithine (1/20ᵉ jusqu'à 1/400ᵉ), huit autres $0^{cm^3},5$ d'eau physiologique.

Tous ces tubes ont été mis pendant 24 heures (36 heures dans des autres expériences) à l'étuve à 37°. Après ce temps $0^{cm^3},5$ de chaque tube ont été ajoutés à $0^{cm^3},5$ d'une suspension de staphylocoques, préparée récemment avec une anse d'une culture sur gélose âgée de 24 heures en $10^{cm^3}$ de bouillon. Par cette manipulation les concentrations de lécithine étaient donc diminuées de moitié (1/40ᵉ et 1/12800ᵉ). Le tout a été remis à l'étuve pendant 24 heures. L'examen macroscopique des tubes étant rendu difficile par suite de l'opalescence provoquée par la solution de lécithine, nous étions obligés de recourir au procédé d'ensemencement en boîte de Petri pour déterminer le taux de la lyse.

Dans ce but nous avons prélevé à l'aide d'une micropipette $0^{cm^3},1$ de chaque tube contenant le mélange de bactériophage lécithiné et de staphylocoque, ainsi que des témoins, et nous l'avons déposé dans une boîte de Petri contenant 5 gouttes de bouillon. Puis nous avons fait couler $5^{cm^3}$ de gélose dans chaque boîte en agitant soigneusement afin d'obtenir une répartition homogène. Par cette deuxième manipulation la lécithine a été encore diluée 50 fois. La concentration terminale de la lécithine était donc dans la plus basse dilution active de 1/320000ᵉ. Les boîtes placées à l'étuve ont été examinées après 48 heures.

*Résultats.* — Nous avons constaté, par la méthode de numération des colonies dans des boîtes de Petri, que le staphylocoque se développe en milieu lécithiné au moins aussi bien qu'en milieu non lécithiné.

Les boîtes de Petri coulées à partir des tubes contenant le mélange de staphylocoque et de bactériophage non lécithiné étaient stériles ou montraient tout au plus quelques colonies (3 à 5).

Les boîtes de Petri provenant des témoins (staphylocoque en bouillon dilué avec l'eau physiologique ou avec la solution de lécithine) étaient recouvertes d'un enduit épais composé d'innombrables colonies.

Dans les boîtes ensemencées avec le mélange de staphylocoque et de bactériophage lécithiné au 1/20ᵉ, le développement du staphylocoque égalait presque celui des témoins. A 1/200ᵉ des milliers de colonies de staphylocoque avaient encore poussé. A 1/2000ᵉ l'action du bactériophage était

---

(¹) Usines chimiques Gruenau.

déjà très marquée, mais il y avait tout de même jusqu'à 100 colonies par boîte de Petri. L'examen confirmait que les colonies qui avaient poussé étaient bien des colonies de staphylocoques.

Dans une autre série d'expériences effectuées selon la même technique : les staphylocoques résistaient encore à l'action lytique du bactériophage dans des concentrations initiales de lécithine, comprises entre 1/20$^{e}$ et 1/3200$^{e}$. Au-dessus de 1/3200$^{e}$ le développement du staphylocoque n'a pas eu lieu. Aux concentrations intermédiaires l'action du bactériophage se manifestait progressivement au fur et à mesure que la concentration de la lécithine diminuait.

Nous avons déterminé la dose du bactériophage nécessaire pour lyser en 24 heures $0^{cm^3},5$ de la suspension microbienne, dont nous nous sommes servis. La dose du bactériophage employée dans toutes nos expériences ci-dessus était vingt fois supérieure à cette dose minima. C'est pourquoi, en employant des doses plus petites de bactériophage, nous avons obtenu des résultats encore plus favorables.

Il était intéressant de savoir si le bactériophage était détruit par l'action de la lécithine ou si seulement la lécithine ne lui permettait pas d'exercer son action lytique. L'un de nous a remarqué ([1]), dans des expériences faites avec des mélanges de saponines et de lécithines, qu'une sapolécithine peu toxique récuperait partiellement sa toxicité par dilutions progressives. Pour séparer autant que possible le bactériophage de la lécithine, nous avons dilué le bactériophage lécithiné au 1/20$^{e}$ 100000 fois. Le bactériophage qui, par son contact avec la lécithine, avait perdu son action lytique, se montrait de nouveau très actif et une goutte lysait en 12 heures une anse de staphylocoques suspendus dans $10^{cm^3}$ de bouillon. Le principe lytique, régénéré de cette façon, se multipliait et s'est montré repiquable pendant plusieurs générations.

*Résumé.* — La lécithine en solution colloïdale inhibe ou affaiblit considérablement le pouvoir lytique du bactériophage antistaphylococcique. Le bactériophage, inactif en présence de la lécithine, peut être ensuite régénéré par de fortes dilutions et se montre repiquable. L'étude de ces faits pourra peut être éclaircir le phénomène curieux : que l'action du bactériophage dans l'organisme est loin d'égaler l'action si énergique que le bactériophage développe *in vitro*.

---

([1]) *Loc. cit.*

PATHOLOGIE COMPARÉE. — *Au sujet de l'immunité dans l'anémie infectieuse des équidés.* Note de M. **L. Balozet**, présentée par M. E. Leclainche.

L'existence d'une immunité vraie dans l'anémie infectieuse des équidés n'a jamais pu être établie jusqu'alors. Carré et Vallée, de Kock, la Commission japonaise et récemment Ramon et Lemétayer ([1]) ont pu inoculer de grandes quantités de virus à des chevaux. Ceux-ci, après des accès d'anémie infectieuse, ont, en apparence, recouvré la santé. Mais il s'agissait d'animaux encore infectés dont le sang, inoculés à des animaux neufs, se montrait virulent. On sait, par les travaux de Carré et Vallée, de la Commission japonaise et d'autres, que les animaux, atteints d'anémie ou inoculés, lorsqu'ils ne meurent pas, conservent le virus un temps extrêmement long, plusieurs années, même en l'absence de tout accès fébrile. L'immunité dont ces animaux jouissent est une immunité-tolérance. Elle paraît liée à la présence, à la conservation du virus dans l'organisme. Ce n'est pas une immunité vraie; l'existence de cette dernière est encore douteuse.

Une observation récente, qu'il nous a été donné de faire, s'éloigne, par ses caractères, des faits publiés et montre la complexité du problème. Comme le font justement remarquer Ramon et Lemétayer, il existe des virus très pathogènes et d'autres qui le sont peu. Ce caractère, à vrai dire, est relatif : un virus faible peut s'exalter par les passages; Carré et Vallée l'ont démontré les premiers et nous avons eu l'occasion de le vérifier.

Nous possédons actuellement, pour nos expériences, deux virus. L'un, le virus T. B. isolé au Maroc, nous a été adressé par MM. Velu et Zottner. Il peut être considéré comme un virus faible. L'autre, que nous dénommons virus « Alfort », nous a été envoyé par MM. Carré et Rinjard. C'est un virus très actif qui, après une incubation de dix à douze jours, tue, à peu près constamment, les ânes d'expérience, environ un mois après l'inoculation.

Le virus T. B., dès sa réception, le 19 avril 1933, est inoculé à un âne qui montre un premier accès fébrile (40°,2) le quatorzième jour; un second, un mois après le premier (40°,2); un troisième, avorté, douze jours plus tard. Depuis, la température est normale et l'animal en parfaite santé.

---

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 508.

Du sang de ce premier âne, recueilli le 1er juin pendant le deuxième accès fébrile et conservé à la glacière, est inoculé, le 30 novembre à l'âne 63. Celui-ci commence le quatorzième jour, un accès fébrile (max. 40°,2). Pendant les sept jours suivants, la température est irrégulière sans dépasser 39°,6. A partir du 25 décembre, moins d'un mois après l'inoculation, douze jours après le début de l'accès fébrile, la température est tout à fait normale et l'état général très bon. Le 3 février, 66 jours après la première inoculation, l'âne est inoculé de nouveau avec le virus « Alfort », Onze jours après, il commence un accès fébrile grave (max. 40°,9), accompagné d'une profonde altération de l'état général qui fait prévoir la mort assez prochaine. Avant la deuxième inoculation, l'épreuve de la sédimentation donnait les résultats suivants (tout à fait normaux pour un âne) : indice volumétrique 23, indice de vitesse de chute 0,81. Le 21 février, huit jours après l'apparition des symptômes, les indications deviennent : indice volumétrique, 16,5; indice de vitesse de chute, 0,95.

Ainsi, cinq semaines environ après la fin de la fièvre déterminée par l'inoculation du virus d'anémie infectieuse T. B., notre âne, inoculé de nouveau avec le virus « Alfort », réagit en tous points comme les ânes neufs : même période d'incubation, mêmes températures, même atteinte profonde de l'état général.

Comment interpréter cette observation ? L'âne 63 a-t-il guéri très rapidement et éliminé complètement le premier virus ? Cette guérison ne laisserait donc aucune immunité. Une guérison totale avec une élimination aussi rapide de virus est contraire à toutes les observations antérieures, Tous les expérimentateurs reconnaissent la longue persistance du virus, chez les malades et les inoculés, pendant des mois ou des années.

Si le premier virus n'a pas été éliminé avant la deuxième inoculation, il faudrait admettre que l'immunité-tolérance, l'état de prémunition, conféré par le premier virus, n'était pas valable pour le second. C'est poser la question de la pluralité des virus d'anémie infectieuse des Équidés que nos expériences permettront peut-être de résoudre.

Quoi qu'il en soit, l'observation que nous rapportons fait entrevoir les difficultés que l'on est appelé à rencontrer dans l'étude de l'immunisation contre l'anémie infectieuse des Équidés, soit que l'on recherche la vaccination proprement dite par des virus tués ou modifiés, soit que l'on tente la prémunition par l'inoculation de virus peu pathogènes.

THÉRAPEUTIQUE. — *L'embryothérapie.*
Note (¹) de M. **Pierre Rosenthal**, présentée par M. Charles Richet.

Récemment, nous avons signalé l'action stimulante rapide des sucs embryonnaires frais administrés aux opérés en état de choc (²).

Depuis plusieurs années, nous utilisons l'embryothérapie (comme M. Richet propose de l'appeler), dans divers états pathologiques. Son action est double :

D'une part, elle est caractérisée par une stimulation dont la rapidité ne peut guère s'expliquer que par une action immédiate sur le système nerveux, et, d'autre part, elle se manifeste par une action plus lente de régénérescence des tissus et des organes.

P. Carnot, dès 1900, signalait l'action favorisante des extraits embryonnaires sur la croissance des têtards et des jeunes rats; il pensait à quelque application à la thérapeutique humaine. Dans des Notes successives, il signalait les heureux effets obtenus par cette méthode (³).

Parallèlement, Carrel (⁴) démontrait qu'un tissu pouvait se développer indéfiniment *in vitro*, à condition d'ajouter au milieu des sucs embryonnaires frais.

Il a appelé tréphones les principes grâce auxquels la vie des cellules animales peut être prolongée indéfiniment.

Il a démontré expérimentalement que les tréphones étaient un aliment nécessaire à l'activité fondamentale de toutes les cellules animales, sans distinction d'espèce, sans distinction de spécialisation cellulaire. Un suc embryonnaire de poulet peut entretenir indéfiniment un fragment de tissu humain qui conserve sa vitalité.

Pour obtenir un résultat thérapeutique efficace, il faut observer rigoureusement les conditions suivantes :

1° N'employer que des embryons vivants et rejeter toute préparation

---

(¹) Séance du 19 février 1934.

(²) P. Rosenthal, V. Pauchet et H. Bertreux, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1470.

(³) P. Carnot, *Presse Méd.*, 2, 1900, p. 237; *Bull. Acad. Méd.*, 88, 1922, p. 177; *C. R. Soc. Biol.*, 89, 1923, p. 34; *Paris-Médical*, 75, VIII, 1930, p. 177; P. Carnot et Deflandre, *C. R. Soc. Biol.*, 1, 1906, p. 926.

(⁴) *Journ. of Exp. Med.*, 15, 1912, p. 516; 17, 1913, p. 14; 18, 1913, p. 287; Carrel et Ebeling, *C. R. Soc. Biol.*, 89, 1923, p. 1142; 90, 1924, p. 172.

non utilisée au bout de 48 heures, les sucs embryonnaires, même conservés à la glacière, perdent en effet rapidement beaucoup de leur activité. [Déjà en 1901 (¹), Charles Richet insistait sur la différence d'action entre le plasma extrait de muscles de bœuf avant qu'intervienne la rigidité cadavérique, et le plasma extrait de viande de boucherie pourtant considérée comme fraîche.]

2° Les embryons passent par une phase très courte au cours de laquelle ils présentent leur maximum d'activité. Cette phase se situe au milieu de leur vie embryonnaire, et c'est toujours à cet âge-là qu'il faudra les utiliser.

3° Les produits étant administrés à l'état cru, nous avons considéré comme très important de s'assurer de la parfaite santé des géniteurs.

Nous employons donc des embryons provenant d'un élevage sélectionné de Poules *leghornes* affecté spécialement à cet usage et que nous contrôlons au point de vue sanitaire.

Nous nous sommes arrêté à la technique suivante :

Les embryons de poulet (dix jours d'incubation) doivent être broyés vivants; la manipulation doit se faire aseptiquement; on recueille les sucs qui doivent être mis aussitôt à la glacière et consommés le plus rapidement possible.

Les sucs embryonnaires préparés ainsi sont très actifs, quoique n'étant pas injectables. Les muqueuses les absorbent rapidement. Nous utilisons les voies buccale, nasale et surtout rectale. Les résultats sont d'autant plus remarquables que le malade aura été mis en état de réceptivité par un jeûne hydrique plus prolongé.

Nous titrons le produit en « unités embryons »; lorsqu'il y a indication à obtenir un effet rapide, comme dans le choc opératoire, il faudra administrer de hautes doses : 10 à 20 unités embryon toutes les 3 ou 6 heures, par exemple, pendant 12 à 24 heures.

Lorsqu'on recherche l'action régénératrice, on donnera de 10 à 20 unités embryon toutes les 24 heures pendant 10 à 20 jours.

Nous avons obtenu des résultats excellents chez les sénescents, les convalescents, les déprimés, les hypertendus. Enfin, par des applications locales, nous avons pu faire cicatriser des plaies atones qui avaient résisté à toute autre médication.

(¹) CHARLE RICHET, *Revue de la Tuberculose*, 8, 1, 1900-1901, p. 1, et *Travaux du laboratoire de Physiologie*, 5, 1902, p. 310.

Au cours d'une expérience clinique déjà longue, de l'embryothérapie, nous n'avons jamais eu le moindre incident d'anaphylaxie alimentaire, même chez des sujets sensibilisés aux œufs.

En observant strictement toutes ces données, établies par nos constatations, les résultats seront toujours comparables entre eux, et cette méthode, devenue très maniable, pourra entrer dans la pratique courante.

*Remarques sur la Note de M.* P. Rosenthal *relative à l'embryothérapie*, par M. **Charles Richet**.

Je me permets d'attirer l'attention des médecins et des chirurgiens sur ce nouveau procédé thérapeutique qui mérite une étude méthodique.

En effet, les résultats heureux obtenus par les diverses opothérapies, qu'il s'agisse de l'opothérapie musculaire (zomothérapie), ou hépatique, ou splénique, n'étant pas contestables, M. Rosenthal a pensé à mettre à profit les belles recherches de Carnot et de Carrel sur le suc embryonnaire. Il emploie donc, à l'état embryonnaire, des tissus splénique, hépatique, musculaire et cérébral, puisque les embryons de poulet dont il prend le suc total contiennent ces différents tissus. C'est une *poly-opothérapie*.

Assurément de nouvelles recherches sont nécessaires, car la démonstration d'un effet thérapeutique certain est longue et délicate. Peut-être malgré d'énormes difficultés sera-t-il intéressant de prendre non plus des embryons d'oiseau, mais des embryons de mammifère, puisque aussi bien les tissus ont une influence opothérapique d'autant plus favorable qu'ils appartiennent à une espèce zoologique plus voisine.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h40m.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 12 MARS 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 9 mars 1934, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Gaston Julia** pour occuper dans la Section de Géométrie la place vacante par le décès de M. *P. Painlevé*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. **A. Lacroix** offre à l'Académie le premier numéro, dont il a écrit la Préface, des *Annales de Physique du Globe de la France d'outre-mer*, revue publiée sous les auspices du Conseil de perfectionnement des services de Physique du Globe des Colonies. Elle a pour but de mettre en évidence les résultats des travaux scientifiques effectués par les fonctionnaires de ces services et de fournir des mises au point des questions de météorologie, séismologie, volcanologie, etc., intéressant nos possessions lointaines.

THERMODYNAMIQUE. — *Fonctionnement d'un thermocompresseur entraînant successivement deux fluides compressibles de densités différentes : loi des débits en poids; loi d'invariance de la pression finale.* Note (1) de M. **Jean Rey**.

*Loi des débits en poids.* — Les débits en poids, de l'air et de la vapeur d'eau, entraînés par un même débit de vapeur motrice, obéissent à une loi très simple et que l'on peut formuler de la manière suivante :

---

(1) Séance du 26 février 1934.

*Le rapport des débits en poids, de l'air et de la vapeur entraînés par un débit de vapeur motrice égal à l'unité de poids, est égal à la racine carrée du rapport des poids spécifiques moyens des deux fluides pris entre les pressions d'entrée et de sortie dans les tuyères d'accès au mélangeur.*

Avec les notations précédentes, cette loi s'exprime par la relation

$$\frac{\beta_a}{\beta_v} = \sqrt{\frac{(\varpi_a)_p^P}{(\varpi_v)_p^P}} \qquad \text{ou} \qquad \sqrt{\frac{(\varpi_a)_p}{(\varpi_v)_p}}.$$

Elle se démontre facilement, en exprimant que le débit en poids est le produit de la section au col des tuyères d'accès au mélangeur du fluide entraîné, par la vitesse et par le poids spécifique du fluide dans cette section. La vitesse se déduit de la relation de Saint-Venant qui peut s'écrire

$$\frac{V_2}{2g} = \int_p^P \frac{dp}{\varpi} = \frac{P-p}{(\varpi)_{moy}},$$

$(\varpi)_{moy}$ étant la moyenne arithmétique des deux valeurs de $\varpi_p$ et de $\varpi_P$

Doyère, dans un Mémoire paru au *Bulletin de l'Association technique maritime* (Session de 1906, p. 273) a montré que tant que $p/P \geqq 1/2$, on peut calculer V, pour l'air, aussi bien en supposant une détente isotherme qu'une détente adiabatique, avec des erreurs inférieures aux erreurs d'observation. La même formule s'applique à la vapeur d'eau, en détente adiabatique, avec des erreurs minimes sur les résultats que donne le diagramme entropique. Dans mes expériences, le rapport $p/P$ a toujours dépassé $1/2$ et s'est approché de l'unité.

Le débit en poids, par heure de l'air, s'exprime donc par

$$Q_a = s \times 3600^{sec} \times 4,43 \sqrt{\frac{(P-p)_a}{(\varpi_a)_p^P}}(\varpi_a)_p$$

et par

$$Q_v = s \times 3600^{sec} \times 4,43 \sqrt{\frac{(P-p)_v}{(\varpi_v)_p^P}}(\varpi_v)_p$$

pour la vapeur. Si les différences $P-p$ sont égales, ce qui est le cas ici, on obtient finalement

$$(3) \qquad \frac{Q_a}{Q_v} = \frac{\beta_a}{\beta_v} = \sqrt{\frac{(\varpi_v)_p^P}{(\varpi_a)_p^P}}\,\frac{(\varpi_a)_p}{(\varpi_v)_p}.$$

En prenant les nombres résultant des expériences et la relation (3), on trouve, *pour les essais à faible taux de compression*, que le premier membre a pour valeur

$$\frac{Q_a}{Q_v} = \frac{841^{kg/h}}{608^{kg/h}} = 1,38322$$

et que le second membre est égal à

$$\sqrt{\frac{0,5739}{1,14589}} \times \frac{1,11397}{0,56298} = 1,40045.$$

L'écart du second membre avec le premier est donc + 1,245 pour 100.

*Pour les essais à fort taux de compression*, la première série donne

$$\frac{Q_a}{Q_v} = \frac{13^{kg/h},754}{9^{kg/h},940} = 1,38370,$$

et le second membre a pour valeur

$$\sqrt{\frac{0,10588}{0,211218}} \times \frac{0,211210}{0,10510} = 1,41610.$$

L'écart du second membre est donc de + 2,34 pour 100.

La deuxième série donne, pour le premier membre :

$$\frac{Q_a}{Q_v} = \frac{10^{kg/h},812}{8^{kg/h},480} = 1,28206,$$

et pour le second membre 1,26782, soit un écart de −1,123 pour 100. *L'écart moyen*, pour les trois expériences à faible et forte compression est alors de

$$\frac{+1,245 + 2,340 - 1,123}{3} = +0,821 \text{ pour 100},$$

c'est-à-dire de l'ordre des erreurs d'observation.

L'équation (3) peut d'ailleurs se simplifier en remarquant que les rapports $(\varpi_a)_p^P/(\varpi_v)_p^P$ et $(\varpi_a)_p/(\varpi_v)_p$ sont sensiblement égaux Pour les essais à faible compression, l'écart est de 0,88 pour 100, et, pour les essais à forte compression, de 0,26 et 0,432 pour 100. On peut donc modifier la formule (3) et l'écrire :

$$(3') \qquad \frac{Q_a}{Q_v} = \frac{\beta_a}{\beta_v} = \sqrt{\frac{(\varpi_v)_p}{(\varpi_a)_p}} \times \frac{(\varpi_a)_p}{(\varpi_v)_p} = \sqrt{\frac{(\varpi_a)_p}{(\varpi_v)_p}}.$$

Elle donne alors, pour les essais à faible compression : pour le premier membre, 1,38322 et, pour le second membre, 1,40673, soit un écart positif de +1,70 pour 100. Pour les essais à forte compression, le premier membre donne 1,38370 et le second membre donne 1,41424. L'écart est donc de +2,21 pour 100. Pour le second essai le premier membre est de 1,28206 et le second membre de 1,27917, soit un écart de −0,225 pour 100. L'écart moyen est donc, pour toutes les expériences, à faible et forte com-

pression, de $(+1,70+2,21-0,225)/3=+1,228$ %. La formule est donc entièrement justifiée.

*Loi d'invariance de la pression finale.* — La loi d'invariance de la pression finale se démontre facilement. Les relations (2) donnent, en tenant compte de la loi des débits $\beta_a/\beta_v=\sqrt{(\varpi_a)_p/(\varpi_v)_p}$ et de la valeur de la vitesse V,

$$\beta_a=\beta_v\sqrt{\frac{(\varpi_a)_p}{(\varpi_v)_p}},\qquad V_a=4,43\sqrt{\frac{(P-p)_a}{(\varpi_a)_p^P}}\qquad \text{et}\qquad V_v=4,43\sqrt{\frac{(P-p)_v}{(\varpi_v)_p^P}},$$

d'où

$$\frac{\beta_a V_a}{\beta_v V_v}=\frac{\beta_a\sqrt{\frac{(\varpi_a)_p}{(\varpi_v)_p}}\times 4,43\sqrt{\frac{(P-p)_a}{(\varpi_a)_p^P}}}{\beta_v\times 4,43\sqrt{\frac{(P-p)_v}{(\varpi_v)_p^P}}},$$

comme ici $(P-p)_a=(P-p)_v$. Ce rapport devient

$$\frac{\beta_a V_a}{\beta_v V_v}=\frac{\sqrt{\frac{(\varpi_a)_p}{(\varpi_v)_p}}}{\sqrt{\frac{(\varpi_a)_p^P}{(\varpi_v)_p^P}}}=1,$$

comme il est indiqué ci-dessus; d'où, enfin,

$$(4)\qquad \frac{u_a}{u_v}=\frac{1+\beta_v}{1+\beta_a}\times\frac{V_1+\beta_a V_a}{V_1+\beta_v V_v}=\frac{1+\beta_v}{1+\beta_a}.$$

Si l'on appelle $j$ le rendement mécanique du diffuseur, lequel reste constant, quel que soit le mélange gazeux qui le parcourt : vapeur-vapeur ou vapeur-air, on peut écrire immédiatement

$$(5)\qquad j\times\frac{(u_a)^2}{2g}=(p_f-p)_a\frac{1}{(\varpi_{\text{mél}})_p^{pf}}\qquad \text{et}\qquad j\times\frac{(u_v)^2}{2g}=(p_f-p)_v\frac{1}{(\varpi_v)_p^{pf}},$$

relation qui donne l'énergie cinétique à l'entrée du diffuseur, nécessaire pour créer la pression finale $p_f$. Dans le cas de mes expériences, on a : $(p_f-p)_a=(p_f-p)_v$; on trouve alors que $(u_a/u_v)^2=(\varpi_v)_p^{pf}/(\varpi_{\text{mél}})_p^{pf}$ ou, en tenant compte de la relation (4),

$$(6)\qquad \frac{u_a}{u_v}=\frac{1+\beta_v}{1+\beta_a}=\sqrt{\frac{(\varpi_v)_p^{pf}}{(\varpi_{\text{mél}})_p^{pf}}}.$$

Il est facile de voir que les résultats des mesures confirment exactement cette relation.

*Faible compression.* — Les expériences donnent :

$$\frac{1+\beta_v}{1+\beta_a}=\frac{2,66119}{3,29784}=0,80694 \quad \text{et} \quad \sqrt{\frac{(\varpi_v)_p^{pf}}{(\varpi_{\text{mél}})_p^{pf}}}=\sqrt{\frac{0,64182}{0,94454}}=0,82430,$$

soit un écart positif du second membre de + 2,15 pour 100.

*Forte compression.* — Les résultats de la première expérience donnent

$$\frac{1+\beta_v}{1+\beta_a}=\frac{1,108635}{1,150314}=0,96376 \quad \text{et} \quad \sqrt{\frac{(\varpi_v)_p^{pf}}{(\varpi_{\text{mél}})_p^{pf}}}=\sqrt{\frac{0,30936}{0,32167}}=0,98066,$$

soit un écart positif du second membre de + 1,75 pour 100.

La deuxième expérience donne

$$\frac{1+\beta_v}{1+\beta_a}=\frac{1,09267}{1,11882}=0,97662 \quad \text{et} \quad \sqrt{\frac{(\varpi_v)_p^{pf}}{(\varpi_{\text{mél}})_p^{pf}}}=\sqrt{\frac{0,30217}{0,31368}}=0,98147,$$

soit un écart positif de + 0,497 pour 100; l'écart moyen est donc, pour toutes les expériences, de

$$\frac{+2,15+1,75+0,497}{3}=1,466 \text{ pour } 100.$$

Étant donné le nombre des appareils de mesure : thermomètres et manomètres, qu'exigent ces expériences difficiles, ainsi que la mesure des sections de passage, les erreurs d'observation pouvant atteindre 2 pour 100, la vérification de la loi des débits et celle de la loi d'invariance de la pression finale peuvent donc être considérées comme satisfaisantes.

La pratique est ici complètement d'accord avec la théorie. Les thermocompresseurs employés dans les industries évaporatoires, pour comprimer de la vapeur prise à la pression atmosphérique, sont essayés en usine en aspirant l'air extérieur au lieu de vapeur, ce qui facilite les essais. Si la pression finale du mélange vapeur-air que l'on mesure ainsi est bien celle calculée, on est certain que l'appareil, une fois installé, donnera les résultats pour lesquels il a été construit avec le mélange vapeur-vapeur. On n'a jamais constaté de différence en employant cette méthode d'essais.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la similitude des ouvrages courts à surface libre.* Note (¹) de MM. **C. Camichel, L. Escande** et **G. Sabathé.**

Nous avons eu l'occasion de préciser, dans nos études antérieures, la notion d' « ouvrage court » et de montrer son importance au point de vue

(¹) Séance du 5 mars 1934.

de la similitude des phénomènes hydrauliques. Dans ces ouvrages, les pertes de charge sont proportionnelles au carré de la vitesse, par suite de la grande turbulence du mouvement; le simple frottement de glissement des couches liquides les unes sur les autres ne joue alors qu'un rôle secondaire dans la production des pertes d'énergie qui deviennent indépendantes de la viscosité propre du liquide.

Nous avons procédé à de nombreuses études expérimentales qui nous ont permis de vérifier l'exactitude de la notion d'ouvrage court, pour les systèmes en charge les plus variés (¹); nous avons, en particulier, étendu cette notion à des nombres de Reynolds voisins de 3 millions, dans nos expériences de l'usine de Miègebat, de la Compagnie du Midi (²), et plus récemment à des nombres de Reynolds de l'ordre de 7 millions dans nos recherches effectuées sur la grande forme de radoub du port du Havre (³). Mais nous n'avions jamais eu encore l'occasion d'étudier l'application de la notion d'ouvrage court aux systèmes à surface libre.

Or l'importance de cette notion est beaucoup plus grande encore pour les systèmes à surface libre que pour les systèmes en charge; en effet, dans un cas comme dans l'autre, par suite de l'élimination de l'influence de la viscosité propre du liquide, la notion d'ouvrage court montre que la similitude peut être réalisée pour des mouvements à échelles différentes, pourvu que tous correspondent à des valeurs du nombre de Reynolds supérieures au seuil, mais, alors que, pour les systèmes en charge, cette disparition de la condition de l'égalité des nombres de Reynolds ne correspond qu'à une simplification des essais, elle représente, au contraire, un élément primordial pour les systèmes à surface libre pour lesquels la condition de Reynolds est incompatible avec la loi de Reech-Froude, dans le cas pratique où le même liquide s'écoule dans les divers modèles; mais une difficulté supplémentaire intervient, pour l'étude sur modèles réduits des ouvrages courts à surface libre, du fait de l'entraînement d'air particulièrement important qui se produit dans ces systèmes; en effet, cet entraînement d'air a une valeur relative d'autant plus importante, pour un mouvement donné, que celui-ci est réalisé à plus grande échelle, comme on le constate en particulier dans la formation des vortex (⁴), dans l'étude des évacuateurs de

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 752; 182, 1926, p. 881.
(²) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 750.
(³) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 473.
(⁴) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1048.

crue à galerie souterraine ([1]), des siphons, des phénomènes de ressaut, des contractions latérales ([2]), pour ne citer que ces exemples.

Il y a donc gros intérêt à rechercher expérimentalement dans quelle mesure la loi de similitude de Reech-Froude s'applique en fait aux ouvrages courts à surface libre; dans ce but, nous avons étudié le plus caractéristique de ces types d'ouvrages : l'échelle à poisson.

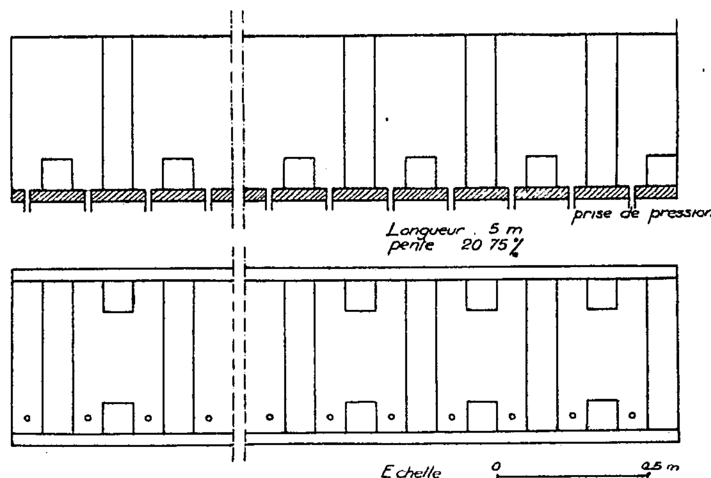



Fig. 1. — Disposition de l'échelle à poissons rabattue sur un plan horizontal.

Ayant seulement en vue l'étude de la nature du mouvement réalisé dans ces ouvrages, à l'exclusion des qualités particulières à leur destination, nous avons simplement étudié une échelle schématique obtenue en disposant une série de redans horizontaux et verticaux alternés dans un canal à forte pente comme le montre la figure 1; deux modèles réduits de cette échelle ont été réalisés avec des rapports de réduction respectivement égaux à 1/2 et 1/5. Nous avons tout d'abord déterminé, sur la grande échelle, la courbe donnant le débit absorbé Q, en fonction de la position du plan d'eau amont, déterminée par la charge H sur le seuil. Nous avons rapporté sur cette courbe les points obtenus dans les mesures effectuées sur les deux autres modèles par application de la loi de similitude de Reech-Froude, c'est-à-dire en multipliant les charges par $\lambda$ et les débits par $\lambda^{5/2}$; $\lambda$ désignant le rapport de similitude correspondant; la coïncidence est très bonne, comme

([1]) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 213.
([2]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 907

le montre la figure 2 : les divers points se groupent sur une même courbe.

D'autre part, nous avons déterminé la répartition des pressions, le long de l'échelle à poisson, pour six valeurs différentes du débit, et nous avons comparé les résultats obtenus avec ceux fournis par les modèles lorsqu'ils sont parcourus par des débits homologues. La loi de similitude s'applique sans divergence pour les trois débits les plus faibles, égaux respectivement

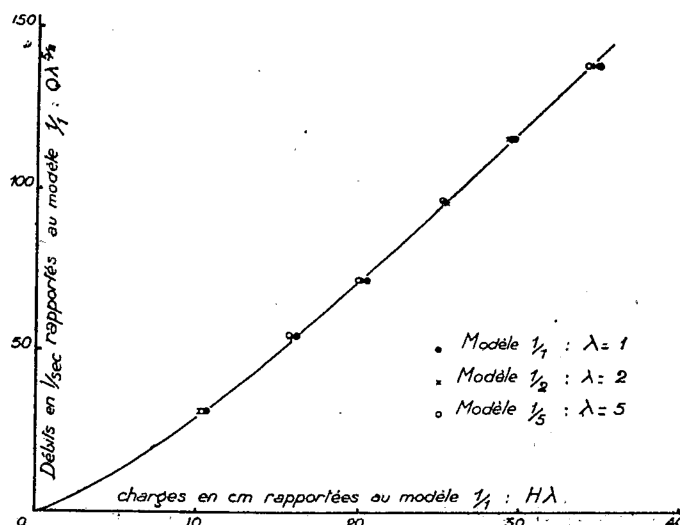



Fig. 2.

(chiffres correspondant à l'échelle à poisson) à 31,1 l/sec, 54,3 l/sec et 71,3 l/sec; par contre, une divergence apparaît vers l'extrémité aval de l'échelle pour le débit de 95,7 l/sec, les pressions à observer dans les petits modèles étant relativement plus grandes; enfin, pour les deux débits les plus forts, soit 115,5 l/sec et 138 l/sec les divergences existent tout le long de l'échelle et prennent des valeurs notables; pour ces forts débits, un entraînement d'air très important se produit dans la grande échelle à poisson.

On voit donc que ces résultats confirment en tous points les prévisions de la théorie : la turbulence des ouvrages courts permet la réalisation de la similitude de Reech-Froude tant que l'importance des entraînements d'air n'est pas suffisante pour introduire des divergences notables.

M. Louis de Broglie fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *L'électron magnétique* (*Théorie de Dirac*).

M. Paul Pascal, par l'organe de M. H. Le Chatelier, fait hommage à l'Académie des tomes VI : *Métaux alcalins et alcalino-terreux. Industries des sels alcalins*, et XII : *Radioéléments. Gaz rares. Étude générale des alliages. Addenda*, du *Traité de Chimie minérale* publié sous sa direction. Secrétaire général : Paul Baud.

## PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la Chaire de Physique végétale vacante au Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *H. Colin* obtient 35 suffrages contre 11 à M. *Victor Hasenfratz* et 4 à M. *L. Plantefol.*

Pour la seconde ligne M. *L. Plantefol* obtient 24 suffrages contre 23 à M. *V. Hasenfratz*. Il y a 1 bulletin nul.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

*En première ligne*.................. M. Henri Colin.
*En seconde ligne*.................. M. Lucien Plantefol.

## CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Cent cinquantenaire de la fondation de l'École nationale supérieure des Mines de Paris.*

2° Marcel Dubois et J.-G. Kergomard. *Géographie économique*, 4e édition, par J.-G. Kergomard. (Présenté par M. J.-B. Charcot.)

3° M. A. Magnan. *La locomotion chez les animaux.* I : *Le vol des Insectes.* (Présenté par M. L. Bouvier.)

MM. **Léon Guillet** et le **Directeur de l'École nationale vétérinaire de Lyon** font connaître l'emploi qu'ils ont fait des subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil* en 1933.

MM. **Émile Brumpt** et **Albert Demolon** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Section d'Économie rurale par le décès de MM. *A. Calmette* et *E. Roux*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales abéliennes avec les systèmes réductibles des périodes*. Note [1] de M. **Dmitri Mordoukhay-Boltowskoy**, présentée par M. Hadamard.

1. Si l'intégrale abélienne de première espèce $\int F(x, y)\, dx$ définie par la courbe

$$(x, y) = 0 \tag{1}$$

du genre $p$ se ramène à des intégrales d'ordre inférieur de telle sorte que

$$\int F(x, y)\, dx = \sum_{i=1}^{j=n} \int \Phi_i(\xi^{(j)}, \eta^{(j)})\, d\xi^{(j)} \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots, \pi), \tag{2}$$

$$\Phi(\xi, \eta) = 0, \tag{3}$$

$(\xi^{(j)}, \eta^{(j)})$ étant des fonctions algébriques de $(x, y)$ et la courbe (3) de genre inférieur $\pi$, on doit avoir, ou la réduction *complète* des périodes des intégrales de première espèce,

$$\Omega_{k,j} = \sum_{t=1}^{t=2\pi} \alpha_{j,t}\, \omega_{k,t} \qquad (j = 1, 2, \ldots, 2p;\ k = 1, 2, \ldots, 2\pi), \tag{4}$$

$\alpha_{j,t}$ étant des nombres entiers, quand $\pi$ intégrales se ramènent à des sommes $\sum_{j=1}^{j=\sigma} \int \Phi_i(\xi^{(j)}, \eta^{(j)})\, d\xi^{(j)}$ $(T = \pi)$, ou la réduction *incomplète*

$$\Omega_{k,j} = \sum_{t=1}^{t=2\pi} \alpha_{j,t}\, \omega_{k,t} = S_{j,k} \quad (j = 1, 2, \ldots, 2p;\ k = 1, 2, \ldots, \mu), \tag{5}$$

$$S_{j,l} = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, 2p;\ l = \mu + 1, \mu + 2, \ldots, \pi), \tag{6}$$

ce qui doit arriver quand il se trouve parmi les sommes $S_i$ telles qui se ramènent non à l'intégrale de première espèce mais à des *constantes*.

(1) Séance du 26 décembre 1933.

Kœnisgberger (¹), en démontrant la nécessité de la réduction des intégrales de première espèce dans chaque réduction, n'a pas remarqué ce cas exceptionnel (qui doit avoir lieu comme on pourra démontrer, par exemple, quand on a la réduction monome *irrationnelle*).

Il faut ici remarquer que la réduction des périodes n'entraîne la réduction des intégrales que dans les cas où $\pi = 1, 2, 3$.

2. *Mais la réduction des périodes doit entraîner quelques propriétés algébriques des intégrales.* Picard (²) indique que le système des équations abéliennes $\sum_{j=1}^{j=\sigma} \int F_i(x^{(j)}, y^{(j)})\, dx^{(j)} = 0$ $(j = 1, 2, \ldots, \sigma - 1)$ doit avoir ces solutions algébriques pour $\sigma = n + 1 < p + 1$.

Voici encore une propriété plus générale. Il est bien connu que la somme des M intégrales abéliennes se ramène à la somme de $p$ intégrales. On peut la démontrer au moyen des résultats de Weierstrass (³) et de Poincaré (⁴).

Dans le cas de la réduction *complète* des périodes de l'intégrale $\int F(x, y)\, dx$, on pourra faire la réduction à la somme de $\pi < p$ intégrales, c'est-à-dire on a

$$\sum_{j=1}^{j=\mathrm{M}} \int F_i(x^{(j)}, y^{(j)})\, dx^{(j)} = \sum_{i=1}^{j=\pi} \int F_i(x^{(j1)}, y^{(j1)})\, dx^{(j1)}, \tag{7}$$

$(x^{(j1)}, y^{(j1)})$ étant des fonctions algébriques de $(x^{(j)}, y^{(j)})$.

Dans le cas de la réduction *incomplète*, on peut faire la réduction à la somme des $\sigma = \pi$ intégrales. En effet, on peut supposer que $\omega_{k,t}$ comme $\pi_{kj}$ sont réduites au système normal.

3. Nous allons encore indiquer une autre propriété remarquable. En général la réduction de l'intégrale de première espèce $\int F_i(x, y)\, dx$, à la somme $\sum_{i=1}^{i=n} \int \Phi_i(\xi_i, \eta_i)\, d\xi_i$ des intégrales d'ordre inférieur suppose la réduction de $\pi$ intégrales de première espèce à laquelle répond la

(¹) KŒNIGSBERGER, *Journal de Crelle*, 89, 1880, p. 89; *Allgemeine Untersuchungen aus der Theorie der Differential Gleichungen* (Leipzig, 1882, p. 28).

(²) PICARD, *Comptes rendus*, 95, 1882, p. 898-902, et *Bulletin de la Société mathématique de France*, 11, 1883, p. 25.

(³) WEIERSTRASS, *Math. Werken*, 2, Berlin, 1932, p. 45-48.

(⁴) H. POINCARÉ et É. PICARD, *Comptes rendus*, 97, 1883, p. 1287.

réduction complète des périodes, mais on peut avoir le cas *critique* quand $i = 1, 2, \ldots, \mu$ et

$$(16) \qquad \sum_{j=1}^{j=n} \int \Phi_i[\xi^{(j)}, \eta^{(j)}]\, d\xi^{(j)} = C \qquad (i = \mu + 1, \ldots, \pi),$$

qui répond à la réduction *incomplète*.

Dans ce cas, on a : *a*. la réduction des périodes $\Omega_{k,j} k = 1, 2, \ldots, \mu$; *b*. ou la réduction des $\omega_{l,t}$ $(l = \mu + 1, \ldots, \pi)$.

En effet, on déduit les équations (6), dont $\overline{2p - 2\pi + \lambda}$ doivent être des conséquences des $\overline{2\pi - \lambda}$ autres $(\lambda > 0)$. Alors $\Omega_{k,j}$ se ramènent à $\overline{2\pi - \lambda}$ périodes.

Si $\lambda = 2k$, on a $\pi - \mu \geqq k$ ou $\mu > \pi - k$. Dans le premier cas, on établit qu'il y a la réduction de $\omega_{l,t}$ $(l > \mu)$; dans le second, des $\Omega_{k,j}$ $(k \leqq \mu)$.

Si $\lambda = 2k + 1$, on a $\pi - \mu \geqq k + 1$ ou $\mu > \pi - k - 1$, c'est-à-dire $\mu \geqq \pi - k$. Dans le premier cas, on a la réduction de $\omega_{l,t}$ $(l \geqq \mu + 1)$ à $\varepsilon_{l,\nu}$ $(\varepsilon_{l,2k+2} = 0)$ et, dans le second, $\Omega_{k,j}$ $(k < \mu)$ à $E_{k,s}$ $(E_{k,2\pi-2k} = 0)$.

Pour la réduction des $\omega_{l,t}$ $(l > \mu)$, on peut profiter du théorème démontré par H. Poincaré [1] : « Si les périodes de $\int \Phi_i(\xi, \eta)\, d\xi$ $(i = \mu + 1, \ldots, \pi)$ se ramènent au système $\varepsilon_{l,\nu}$ d'ordre $\rho < \pi$, il existe $\mu$ intégrales $\int \Phi_l(\xi, \eta)\, d\xi$ $(i = 1, 2, \ldots, \mu)$ avec un système des périodes réductible au système $\varepsilon_{l,\nu}$ d'ordre $\pi - \rho$. Mais la somme des intégrales se ramène alors à la somme des $\sigma \leqq \pi - \rho$ intégrales. » *Si l'on a le cas critique du théorème de Kœnigsberger et si l'intégrale $\int F(x, y)\, dx$ ne se ramène pas à l'intégrale d'ordre $\rho < \pi$ on peut ramener $\int F(x, y)\, dx$ à la somme de $\sigma < \pi$ intégrales.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *L'équation différentielle de Hill dans le domaine complexe.* Note de M. **J. O. Strutt**, présentée par M. Hadamard.

On a démontré (voir *Ergebnisse der Mathematik*, 1, fasc. 3; Berlin, Springer, 1932) que l'équation différentielle de Hill

$$(1) \qquad \frac{d^2 u}{dz^2} + [\lambda + \Phi(z)]\, u = 0,$$

---

(1) *Bull. Soc. math.*, 12, 1884, p. 124; *Amer. Math. Journ.*, 8, 1886, p. 283.

où $\Phi$ est une fonction doublement périodique de $z$, ayant les périodes $2\omega_1$ et $2\omega_2$, comprend comme cas spéciaux presque toutes les équations différentielles de la physique mathématique. Parmi celles-ci sont les équations de Bessel, de Hermite, de Laguerre, de Legendre, de Schrödinger, de Mathieu et de Lamé. Il faut prendre $z$, $\lambda$, $\Phi$ et $u$ complexes. Tandis que la théorie connue (voir *loc. cit.*) se restreint en général à des valeurs réelles de ces grandeurs, on trouvera ici quelques propriétés remarquables de l'équation (1) dans le domaine complexe.

Cherchons une solution $u$ de (1), telle que $u(z_1+\omega)=\sigma u(z_1)$, où $\omega=2m\omega_1+2n\omega_2$ et $m$, $n$ des entiers. Déterminons un couple $u$, $v$ de solutions de (1), telles que $u(z_1)=1$, $u'(z_1)=0$, $v(z_1)=0$, $v'(z_1)=1$. Alors on trouve

$$\sigma^2+\sigma[u(z_1+\omega)+v'(z_1+\omega)]+1=0. \tag{2}$$

La valeur de $\sigma$ ne dépend pas de $z_1$, mais seulement de $\omega$, $\lambda$ et $\Phi$. Elle est donc un invariant de l'équation (1). Le discriminant de l'équation (2) est

$$F(\lambda, \omega, \Phi)=F_aF_b=\{u(\omega)+v'(\omega)-2\}\{u(\omega)+v'(\omega)+2\}. \tag{3}$$

On montre que F est une fonction entière de $\lambda$. Une valeur du paramètre $\lambda$ est dite *stable* si les deux valeurs de $\sigma$ tirées de (2) ont le module 1 ; soit $|\sigma|=1$ ; elle est dite *instable*, si les deux valeurs de $\sigma$ sont complexes ou réelles avec $|\sigma|\gtrless 1$. On trouve que la condition nécessaire et suffisante pour que $\lambda$ soit stable est F réel et négatif. Si $F_a=0$, on a $\sigma=+1$; donc il y a une solution périodique avec période $\omega$. Les valeurs de $\lambda$ correspondant à ce cas sont dites *périodiques*. Si $F_b=0$, on a $\sigma=-1$; donc il y a une solution demi-périodique (période $2\omega$). Les valeurs correspondantes de $\lambda$ sont dites *demi-périodiques*. Les valeurs périodiques et demi-périodiques de $\lambda$ sont dites *valeurs caractéristiques* de (1). Le but de notre travail est de trouver la répartition des valeurs caractéristiques, des valeurs stables et des valeurs instables de $\lambda$ dans le plan complexe $\lambda$.

Les démonstrations ont pour base la théorie des courbes $Jm(F)=0$ et $Re(F)=0$ dans le plan $\lambda$. On montre que, F étant une fonction entière, ces courbes ne peuvent pas se fermer ni se terminer dans la partie finie du plan $\lambda$. De la solution asymptotique de (1), en prenant $\lambda=\Lambda^2 e^{2i\psi}$ et $\Lambda\to\infty$, on conclut qu'il existe une quantité dénombrablement infinie de valeurs caractéristiques discrètes de l'équation (1). De plus, on trouve que toutes les valeurs caractéristiques sont situées dans une partie du plan $\lambda$, telle que $|\lambda_2|<\Phi_{2\max}$ et $-\lambda_1>+\Phi_{1\max}$, où $\lambda=\lambda_1+i\lambda_2$, $\Phi=\Phi_1+i\Phi_2$, $\Phi_{2\max}$ est le maximum de la valeur absolue de $\Phi_2$, $\Phi_{1\max}$ le maximum de la valeur absolue de $\Phi_1$, le long du chemin $z\to z_1+\omega$ choisi.

En étudiant la répartition asymptotique des valeurs caractéristiques dans ladite partie du plan $\lambda$, si $\lambda_1$ est grand et positif, on trouve que toutes les valeurs caractéristiques sont alors situées sur une seule courbe $\mathrm{J}m(\mathrm{F})=0$, dite chaîne asymptotique de valeurs caractéristiques. Cette chaîne asymptotique, pour $\lambda_1 \to +\infty$, tend vers l'axe réel et positif du plan $\lambda$. Sur la chaîne asymptotique, deux valeurs demi-périodiques de $\lambda$ sont suivies de deux valeurs périodiques, etc. La partie de la chaîne entre deux valeurs caractéristiques de la même espèce correspond à des valeurs instables de $\lambda$, tandis qu'une partie de la chaîne entre deux valeurs caractéristiques d'espèces différentes correspond à des valeurs stables de $\lambda$. En appliquant la théorie aux équations différentielles dans le domaine réel, on trouve que la partie susdite du plan $\lambda$, comprenant toutes les valeurs caractéristiques, se réduit à l'axe réel $\lambda_1$; la chaîne asymptotique retombe sur cet axe et, puisqu'elle ne peut terminer, s'étend de $\lambda_1=+\infty$ jusqu'à $\lambda_1=-\infty$. Les théorèmes déduits pour la chaîne asymptotique sont alors valables pour toutes les valeurs de $\lambda$. On retrouve les importants théorèmes de O. Haupt (voir *Ergebnisse der Mathematik*, *loc. cit.*, p. 15) pour le cas réel, sans se servir directement des théorèmes oscillatoires de F. Klein.

On déduit encore de là deux théorèmes sur la répartition des valeurs stables et instables de $\lambda$ dans le domaine complexe, dont le plus important est : En partant d'un point stable d'une courbe $\mathrm{J}m(\mathrm{F})=0$ dans le plan $\lambda$, on atteint, en suivant un chemin entièrement composé de parties de courbes $\mathrm{J}m(\mathrm{F})=0$, un point instable d'une telle courbe et ceci a lieu dans une partie finie du plan $\lambda$.

En étudiant l'équation de Hill à deux paramètres :

$$\frac{d^2u}{dz^2}+[\lambda+\gamma\Phi(z)]u=0, \tag{3}$$

on trouve d'abord qu'une valeur caractéristique $\lambda$ est une fonction entière de $\gamma$. Les valeurs caractéristiques de $\lambda$ sont situées sur des courbes dans l'espace composé du plan $\lambda$ et de l'axe $|\gamma|$. On trouve que ces courbes ont des propriétés simples si $|\lambda|+|\gamma|$ est grand. Dans ce cas, une valeur caractéristique demi-périodique de $\lambda$ se rapproche de plus en plus de la valeur caractéristique périodique voisine.

L'application de ces résultats à l'équation d'onde de Lamé

$$\frac{d^2u}{dz^2}+[\mathrm{H}p^2(z)+kp(z)+l]u=0 \tag{4}$$

(voir *Ergebnisse der Math.*, *loc. cit.*, p. 60) donne l'existence des fonctions d'onde de Lamé et, en outre, montre que, se rapportant à l'espace ellipsoïdal entier, K et L sont réels si H est réel.

L'application à l'équation de Mathieu

$$\frac{d^2u}{dz^2} + (\lambda + i\gamma\cos z)u = 0, \tag{5}$$

où $\gamma$ est réel, montre que, pour $\gamma \to \pm\infty$, deux valeurs caractéristiques voisines $\lambda$ se rapprochent, conformément à ce qu'on a trouvé plus haut. Ce fait a été vérifié par le calcul direct.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Remarques sur les fonctions holomorphes dans un angle et les algébroïdes méromorphes dans le plan.* Note de M. **A. Rauch**, présentée par M. Émile Borel.

I. *Soit* $f(z)$ *holomorphe dans le secteur* A : $|z| \geqq 1/2$, $|\arg z| \leqq A/2$, *soit* B *un secteur complètement intérieur à* A, *si*

$$\iint_A \log[|f(z)| + |f(z)|^{-1}]\frac{d\sigma}{|z|^{\lambda+2}} \tag{1}$$

*converge, on peut dire que* :

1° $\Sigma r_n^{-\lambda}(B; f=0)$ *étendue aux zéros situés dans* B *converge;*

2° $|\arg f(z)| \leqq |\arg f(1)| + \varepsilon |z|^\lambda$, *où* $|z| \geqq z_0$ *et dans* B.

On suppose pour 2° $f(z)$ prolongée dans B à partir de $f(1)$. En réponse à une question posée par M. Valiron [1], on voit en appliquant sa méthode que ses théorèmes V, VI, VII s'étendent aux fonctions (1). Cet auteur a d'ailleurs montré [2] que l'extension se fait avec des hypothèses moins restrictives.

Pour démontrer 1°, partageons B en quadrilatères $Q(p, q)$ par les demi-droites

$$\arg z = \pm\frac{\alpha}{2}(2p+1) \qquad [p = 0, 1, 2, \ldots, P; \alpha(2P+1) = B],$$

et les cercles

$$|z| = \frac{(1+\alpha)^q}{2} \qquad (q = 0, 1, 2, \ldots).$$

Soient $|f(x)|$ le minimum de $|f(z)|$ dans Q, $r = r(p, q)$ le rayon du plus petit cercle de centre $x$ et contenant Q, $C(p, q)$ la couronne concentrique

(1) *Journ. de Villat*, **10**, 1931, p. 472.
(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 749.

de rayons $6r/4$ et $7r/4$, $kr$ le rayon du cercle de C sur lequel $\int_{kr} \log|f(z)|\,d\theta$ est minimum. On a

$$n(Q; f=0) \leqq n(r; f=0) \leqq \text{const.} \log|f(x)|^{-1} + \frac{1}{2\pi}\int_{kr} \log|f(z)|\,d\theta,$$

$$\log|f(x)|^{-1} = \frac{\text{const.}}{r^2}\int\!\!\int_Q \log|f(z)|^{-1}\,d\sigma \leqq \frac{\text{const.}}{\alpha^2}\int\!\!\int_Q \log[|f(z)|+|f(z)|^{-1}]\frac{d\sigma}{|z|^2},$$

$$\int_{kr} \log|f(z)|\,d\theta \leqq \frac{\text{const.}}{\alpha^2}\int\!\!\int_C \log[|f(z)|+|f(z)|^{-1}]\frac{d\sigma}{|z|^2}.$$

En tenant compte de l'hypothèse (1) on en déduit 1° si $\alpha$ est assez petit.

Pour démontrer 2°, appliquons le théorème de Poisson-Jensen-Nevanlinna [1]. On obtient

$$\text{Log}\frac{f(x)}{f(0)} + \sum_R \text{Log}\frac{g_i(x)}{g_i(0)} = \frac{1}{2\pi}\int_R \log|f(z)|\frac{2x}{z-x}\,d\theta,$$

$$z = \text{R}e^{i\theta}, \qquad g_i(x) = \frac{x - \text{R}^2/\bar{a}_i}{x - a_i}.$$

Suivons le segment $Ox$, prenons $\text{R}/4 \leqq r \leqq 3\text{R}/4$. On obtient, en remarquant que

$$|\arg g_i(x) - \arg g_i(0)| < 2\pi,$$

$$|\arg f(x)| \leqq |\arg f(0)| + \text{const.}\, n(\text{R}; f=0) + \int_R \log[|f(z)|+|f(z)|^{-1}]\,d\theta.$$

On appliquera ce résultat à des cercles analogues à ceux plus haut en utilisant les quadrilatères situés sur le segment $1|z|$ et sur l'arc de cercle $|z|z$. Par itération on en déduit 2°.

II. Soit $u(z)$ l'algébroïde aux $\nu$ branches $u_q(z)$ $(q=1, 2, \ldots)$, d'ordre $\rho < k$ définie par

$$\text{U}(z, u) \equiv \text{A}_\nu(z)u^\nu + \text{A}_{\nu-1}(z)u^{\nu-1} + \ldots + \text{A}_0(z) = 0.$$

On a 3° :

$$\int_1^\infty \Sigma \overset{+}{\log}|u_q(re^{i\theta_0})|\sin k(\theta_1-\theta_0)\frac{dr}{r^{k+1}} \leqq \text{const.}\sum \frac{1}{r_h^k(\text{B}; \text{A}_\nu=0)}$$
$$+\int_1^\infty \Sigma \overset{+}{\log}|u_q(re^{i\theta_1})|\sin k(\theta_0-\theta_2)\frac{dr}{r^{k+1}} + \int_1^\infty \Sigma \overset{+}{\log}|u_q(re^{i\theta_2})|\sin k(\theta_1-\theta_0)\frac{dr}{r^{k+1}} + \text{const.}$$

$$\theta_2 < \theta_0 < \theta_1, \qquad \theta_1 - \theta_2 < \frac{\pi}{k}; \qquad \text{domaine B} : |z| \geqq 1, \qquad \theta_2 \leqq \arg z \leqq \theta_1.$$

---

(1) R. NEVANLINNA, *Le théorème de Picard-Borel et la théorie des fonctions méromorphes*. Paris, Gauthier-Villars, p. 4.

Pour $u$ fixe, U est entière d'ordre $\leqq \rho$, donc, d'après une égalité de M. Valiron (¹),

$$\int_1^\infty \log|U(re^{i\theta_0}, u)|\frac{dr}{r^{k+1}}\sin k(\theta_1-\theta_0) \leqq \int_1^\infty \log|U(re^{i\theta_1}, u)|\frac{dr}{r^{k+1}}\sin k(\theta_0-\theta_2) + \int_1^\infty \log|U(re^{i\theta_2}, u)|\frac{dr}{r^{k+1}}\sin k(\theta_1-\theta_0) + \text{const.}$$

D'ailleurs, d'après le même auteur,

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\log|U(z, e^{i\alpha})|\,d\alpha = \log|A_\nu(z)| + \Sigma \overset{+}{\log}|u_q(z)| \quad (^2),$$

$$\int_1^\infty \log|A(re^{i\theta_0})|\sin k(\theta_1-\theta_2)\frac{dr}{r^{k+1}} + \frac{2\pi}{k}\sum\frac{\delta_n}{r_n^k(B;\, A_\nu=0)}$$
$$= \int_1^\infty \log|A(re^{i\theta_1})|\sin k(\theta_0-\theta_2)\frac{dr}{r^{k+1}} + \int_1^\infty \log|A(re^{i\theta_2})|\sin k(\theta_1-\theta_0)\frac{dr}{r^{k+1}} + \text{const.}$$
$$(0 \leqq \delta_n \leqq 1).$$

3° peut servir si les zéros de $A_\nu(z)$ sont du type convergent de l'ordre $\rho$ ou si $A_\nu(z) \equiv 1$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'interaction relativiste quantique.* Note (³) de M. **K. Nikolsky**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le but de cette Note est de suggérer une méthode simple pour discussion de l'interaction relativiste quantique.

Nous nous proposons de traiter la conception de l'interaction dans les problèmes de mécanique ondulatoire comme le principe de correspondance raffiné.

La notion fondamentale de ce principe de correspondance est la parenthèse quantique de Poisson (la parenthèse de Dirac) :

$$(a) \qquad \frac{df}{dt} = \frac{i}{h}(fH - Hf), \qquad \frac{d^\mu f}{dt^\mu} = \left(\frac{i}{h}\right)^\mu \sum_{\alpha=0}^{\mu}(-1)^{\mu-\alpha}\binom{\mu}{\mu-\alpha}H^{\mu-\alpha} f H^\alpha.$$

L'équation quantique s'obtient en formant, à partir de la fonction quel-

(¹) *Loc. cit.*, p. 467, (13).
(²) *Bull. Soc. math.*, 59, 1931, p. 19, (3).
(³) Séance du 5 mars 1934.

conque classique, un opérateur $f$; pour cela on remplace les dérivées $f_t^{(\mu)}$ par les parenthèses de Dirac ($a$).

Considérons tout d'abord un système classique de deux électrons. L'interaction de deux électrons classiques est déterminée dès que l'on connaît les potentiels retardés $\varphi$, $\vec{A}$ et les équations du mouvement; aussi, le potentiel cinétique

$$\mathcal{L} = e\varphi - \frac{1}{c}(\vec{v}.\vec{\mathfrak{A}}) \tag{b}$$

peut être considéré comme l'une des notions fondamentales pour la discussion de l'interaction classique.

Pour obtenir l'opérateur de potentiel retardé, nous appliquerons la série classique de Lagrange

$$\varphi = \int de \sum_{\mu=0}^{\infty} \frac{(-1)^\mu}{\mu!\,c^\mu} \frac{\partial^\mu}{\partial t^\mu}(r^{\mu-1}); \qquad \vec{A} = \int de \sum_{\mu=0}^{\infty} \frac{(-1)^\mu}{\mu!\,c^\mu} \frac{\partial^\mu}{\partial t^\mu}(\vec{v}\,r^{\mu-1}).$$

En y remplaçant $\partial^\mu/\partial t^\mu$ par les parenthèses de Dirac, on trouve les opérateurs pour les potentiels retardés

$$(c)\quad \begin{cases} \varphi = \int de \sum_{\mu=0}^{\infty} \frac{(-1)^\mu}{\mu!\,c^\mu}\left(\frac{i}{h}\right)^\mu \sum_{\alpha=0}^{\mu}(-1)^{\mu-\alpha}\binom{\mu}{\mu-\alpha} \mathrm{H}^{\mu-\alpha} r^{\mu-1} \mathrm{H}^\alpha, \\ \vec{A} = \int de \sum_{\mu=0}^{\infty} \frac{(-1)^\mu}{\mu!\,c^\mu}\left(\frac{i}{h}\right)^\mu \sum_{\alpha=0}^{\mu}(-1)^{\mu-\alpha}\binom{\mu}{\mu-\alpha} \mathrm{H}^{\mu-\mu} r^{\mu-1}\vec{v}\,\mathrm{H}^\alpha. \end{cases}$$

Le potentiel cinétique est donné par l'opérateur du type ($b$).

Remarquons que chacune des expressions ($b$), ($c$) ne dépend plus que de deux des grandeurs quantiques H et $\vec{r}$.

Les équations ($c$) et ($b$) permettent de trouver l'expression pour l'énergie mutuelle magnéto-électrique de deux électrons.

Dans le but d'obtenir cette expression, prenons l'opérateur de Dirac pour le potentiel cinétique

$$\mathrm{V} = e\varphi - (\vec{\alpha}, \vec{A}) \qquad (c\vec{\alpha} = \vec{r}), \tag{d}$$

avec les potentiels retardés ($c$).

Pour trouver l'expression ($d$) en fonction de coordonnées de deux électrons, il faut porter dans l'équation ($d$) la fonction symétrique de Hamilton, H, pour deux électrons :

$$\mathrm{H} = \mathrm{const.}\,(\mathrm{H}_1 + \mathrm{H}_2). \tag{e}$$

Cette formule montre alors que nous introduisons le temps commun, $t$, pour le système.

La formule ($d$) peut se décomposer comme suit :

$$(f) \qquad V = V_{11}(H_1, r) + V_{22}(H_2, r) + V_{12}(H_1, H_2, r).$$

Les expressions $\varphi_{11}$ et $\varphi_{22}$ nous donne l'énergie propre des électrons. Le troisième terme de notre développement est symétrique en $H_1$ et $H_2$ et représente l'énergie mutuelle de deux électrons. Il est possible de déduire de ce principe de correspondance l'expression de Breit et aussi celle de Möller pour l'énergie mutuelle de deux électrons ([1]).

L'expression de Breit est formée des premiers termes de la série $\varphi_{12}$. L'expression de Möller est formée par les termes de puissances paires en $c$ et symétrique en $H_1$ et $H_2$. Les termes de puissances impaires en $c$ sont les termes dissipatifs.

En effectuant les calculs on obtient pour les valeurs des termes $\varphi_{12}$, pairs et symétriques, l'expression donnée par O. Scherzer ([2]).

Les considérations précédentes montrent comment par application de l'argument de correspondance il est possible de manière simple de tirer des formules classiques sur l'interaction les formules quantiques correspondantes.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un nouveau procédé d'intégration de l'équation des ondes électromagnétiques et son application à la physique de l'électron.* Note ([3]) de M. **René Reulos**, présentée par M. Louis de Broglie.

Soient un axe $x'Ox$, M un point de l'espace situé à une distance $r$ de O, $\theta$ l'angle que OM fait avec $Ox$. Construisons le trièdre mobile trirectangle unitaire : $\vec{\rho}$, $\vec{\tau}$, $\vec{\nu}$, ayant M pour sommet, $\vec{\rho}$ dans le prolongement de OM, $\vec{\tau}$ dans le plan méridien $MOx$ s'obtient en faisant tourner $\vec{\rho}$ de $+\pi/2$, $\vec{\nu}$ per-

([1]) Remarquons que, par exemple,

$$\varphi_{\text{Breit}} = \frac{e^2}{r} + \frac{e_1 e_2}{2h^2c^2}[H_1 H_2 r - H_2 r H_1 - H_1 r H_2 + r H_1 H_2] + \ldots.$$

Voir G. Breit, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 553; Ch. Möller, *Z. f. Phys.*, 70, 1930, p. 686.

([2]) O. Scherzer, *Z. f. Phys.*, 83, 1933, p. 277.

([3]) Séance du 5 mars 1934.

pendiculaire à ce plan, de sens tel que le trièdre soit direct. Le champ électrique en M, d'un élément d'électricité de charge $e$, immobile, placé en O, a pour expression $\vec{E} = \vec{\rho}\, e/r^2$ qui vérifie l'équation de Laplace :

$$\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = 0.$$

S'il est en mouvement, son champ est modifié. Nous admettons qu'il vérifie l'équation

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial^{\cdot}} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2}$$

qui généralise l'équation précédente, cette équation a pu être intégrée dans ce cas à l'aide de la théorie des potentiels retardés qui conduit aux formules de Liénard et de Thomson.

Nous signalons un procédé d'intégration assez simple basé sur des développements en série de tourbillons. Considérons la suite infinie de vecteurs : $\vec{A}_0, \vec{A}_2, \vec{A}_3, \ldots, \vec{A}_{2n}, \vec{A}_{2n+1}, \ldots$, dont le terme fondamental $\vec{A}_0$ dérive d'un potentiel scalaire et d'un potentiel vecteur $\left(\mathrm{Div}\,\vec{A}_0 = 0,\ \overrightarrow{\mathrm{Rot}}\,A_0 = 0\right)$ et dont les termes successifs sont définis par les relations de récurrence

$$(1)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{A}_{2n}}{\partial t} = \overrightarrow{\mathrm{rot}}\,A_{2n+1} \qquad \mathrm{Div}\,\vec{A}_{2n+1} = 0,$$

$$(2)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{A}_{2n+1}}{\partial t} = -\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,A_{2n+2} \qquad \mathrm{Div}\,\vec{A}_{2n+2} = 0.$$

Supposons que la somme des termes d'indices pairs et la somme des termes d'indices impairs forment deux séries convergentes et posons :

$$\vec{E} = \vec{A}_0 + \vec{A}_2 + \ldots + \vec{A}_{2n} + \ldots \qquad \vec{H} = \vec{A}_1 + \vec{A}_3 + \ldots + \vec{A}_{2n+1} + \ldots.$$

En ajoutant toutes les relations telles que (1) on obtient

$$\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \overrightarrow{\mathrm{rot}\,H}, \qquad \overrightarrow{\mathrm{Div}\,H} = 0.$$

En ajoutant toutes les relations telles que (2) et en tenant compte de ce que $\overrightarrow{\mathrm{rot}\,A} = 0$, on a

$$\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\overrightarrow{\mathrm{rot}}\,E, \qquad \mathrm{Div}\,\vec{E} = 0.$$

Ces équations, qui ne sont autres que celles de Maxwell, permettent d'identifier le vecteur $\vec{H}$ avec le champ magnétique; elles entraînent comme conséquences :

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}=\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial z^2}, \qquad \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2}=\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial z^2}.$$

Nous avons le champ électrique cherché et du même coup le champ magnétique. Le calcul numérique est simple, nous prenons $\vec{A}_0=\vec{\rho}/r^2$, la dérivation par rapport au temps se fait par l'intermédiaire de $dr/dt$, $d\theta/dt$, $dv/dt$, .... On ne conservera que les solutions qui ne présentent d'autres singularités que $r=0$, le champ électrique devant tendre vers $\vec{\rho}/r^2$ lorsque $v$ et ses dérivés par rapport au temps tendent vers zéro.

Dans le cas de l'électron en mouvement uniforme de vitesse $v$ dirigée suivant l'axe des $x$, on est conduit à un développement sommable, convergent pour $v/c<1$. On arrive à la formule

$$\vec{E}=\vec{\rho}\,\frac{e}{r^2}\left(1-\frac{v^2}{c^2}\sin^2\theta\right)^{-\frac{3}{2}}f\left(\frac{v}{c}\right).$$

On trouve simultanément :

$$\vec{H}=\vec{\nu}\,\frac{e}{r^2}\,\frac{v}{c}\sin\theta\left(1-\frac{v^2}{c^2}\sin\theta\right)^{-\frac{3}{2}}f\left(\frac{v}{c}\right).$$

ou $\vec{H}=\vec{v}/c\wedge\vec{E}$. Si l'on prend $f(v/c)=1-v^2/c^2$, on a les formules de Thomson.

Dans le cas où le mouvement de l'électron est uniformément accéléré, il suffit de conserver dans la dérivation par rapport au temps les termes en $\gamma=dv/dt$. Le premier terme magnétique n'est pas affecté, il a encore pour expression $\vec{H}=\vec{\nu}ev\sin\theta/cr^2$. La correction se manifeste dans les termes du deuxième ordre. Appelons $\vec{\gamma}_r$ la composante radiale de l'accélération, $\vec{\gamma}_t$ sa composante tangentielle; on trouve

$$\vec{E}=-\frac{e}{c^2r}\left(\vec{\gamma}_r-\frac{1}{2}\vec{\gamma}_t\right)+\vec{E}',$$

$\vec{E}'$ étant un vecteur sans divergence, ni tourbillon, le terme $e\vec{\gamma}_t/2c^2r$ dérive d'un potentiel, sa divergence n'est pas nulle, il est analogue au terme de Lorentz. Le terme $-e\vec{\gamma}_r/c^2r^2$ ne dérive pas d'un potentiel, sa circulation le long

d'un circuit fermé est égale au flux de son tourbillon, le vecteur $1/c.\partial\overrightarrow{A_1}/\partial t$, ou encore à la dérivée par rapport au temps du flux du vecteur $\overrightarrow{A_1} = \overrightarrow{v}ev \sin\alpha/c^2r^2$; il rend compte de la f. e. m. induite dans les circuits fermés soumis à l'influence d'un courant variable. Le champ résultant est conservatif. Le vecteur de Poynting se trouve modifié par le fait que notre vecteur magnétique se développe suivant les puissances impaires de $1/c$.

Les résultats obtenus par cette méthode sont indépendants de toute hypothèse sur la structure de l'électron. Pour l'électron en mouvement uniforme, ils donnent des résultats qui généralisent ceux de la mécanique classique. Pour l'électron en mouvement accéléré, ils accusent une divergence avec les théories classiques, dont il serait intéressant de connaître la cause.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le moment dipolaire de l'anhydride acétique et sur quelques anomalies présentées par des acides de la série grasse.* Note de MM. **Arcadius Piekara** et **Bruno Piekara**, présentée par M. A. Cotton.

L'un de nous, en étudiant récemment la polarisation diélectrique de mélanges au voisinage du point critique de solubilité [1], a fait quelques essais avec l'anhydride acétique. Comme le moment dipolaire de cette substance n'était pas connu alors, nous nous sommes décidés à le mesurer. Récemment C. T. Zahn [2] a bien publié un travail dans lequel il a indiqué que la valeur du moment électrique de cette molécule est comprise entre $2,7$ et $2,9.10^{-18}$ u.e.s. Mais il souligne que sa méthode, qui consiste à mesurer la constante diélectrique à l'état de vapeur, s'est heurtée, dans le cas de cette substance, à des difficultés considérables, de sorte qu'elle ne permettait pas de faire une détermination plus précise du moment.

Nous avons examiné la polarisation moléculaire P de l'anhydride acétique dissous dans du sulfure de carbone en fonction de la concentration ($c$) et de la température. Les substances utilisées ont été soigneusement purifiées et plusieurs fois distillées. La figure indique seulement les résultats obtenus pour deux températures, 5° et 25°. Par extrapolation

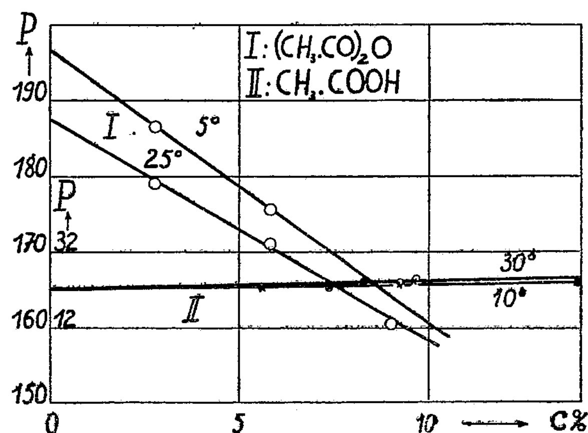
(1) *Bull. de l'Ac. Pol. des Sc. Cracovie*, série A, 1933, p. 319.

(2) *Phys. Zeitschr.*, 34, 1933, p. 570.

jusqu'à une concentration nulle on obtient la polarisation $P_\infty$ des molécules non associées, polarisation qui, d'après la théorie de Debye, s'exprime par la formule bien connue

$$P_\infty = A + \frac{4\pi N \mu^2}{9kT}.$$

Le moment électrique $\mu$ peut se calculer par deux méthodes : 1° en examinant la dépendance de $P_\infty$ de la température; 2° en admettant pour A la




valeur connue, d'autre part (on admet ou bien la valeur de la réfraction moléculaire, ou bien celle de la polarisation à l'état solide). Nos résultats pour l'anhydride acétique sont les suivants :

Méthode 1 : $(P_\infty)_{25°} = 187^{cm^3},5$, $(P_\infty)_{5°} = 196^{cm^3},5$, $\mu = 2,46.10^{-18}$;
Méthode 2 : $(P_\infty)_{25°} = 187^{cm^3},5$, $A = R_D = 32^{cm^3},4$, $\mu = 2,82.10^{-18}$.

Comme l'un de nous l'a montré [1] la méthode 2 fournit des valeurs de $\mu$ plus approchées de la valeur vraie, que celles données par la méthode 1.

Aussi adoptons-nous le résultat donné par la seconde méthode. Cette valeur est d'ailleurs comprise dans les limites, trouvées par C. T. Zahn.

Nous avons mesuré ensuite les moments dipolaires des acides acétique et propionique, en examinant la polarisation diélectrique de leurs solutions dans l'hexane. La figure donne, à titre d'exemple, les résultats obtenus pour l'acide acétique. On voit ici que les propriétés de la polarisation diélectrique (comme pour les molécules polaires) sont tout à fait anormales. Notam-

---

(1) *Bull. de l'Ac. Pol. des Sc. Cracovie*, série A, 1933, p. 333.

ment : *a*. la polarisation moléculaire croît avec la concentration; *b*. elle croît avec la température; *c*. la polarisation moléculaire $P_\infty$, extrapolée pour une concentration nulle, est, dans les limites des erreurs expérimentales, indépendante de la température. Il résulte de cela que la méthode 1 conduit à la valeur $\mu = 0$ pour les deux acides. La méthode 2 donne les résultats suivants :

| | $t$. | $P_\infty$. | A. | $\mu.10^{18}$. |
|---|---|---|---|---|
| Acide acétique | 10° | 22 | 12,9 ([a]) | 0,65 |
| » | 30 | » | » | 0,67 |
| » | 10 | » | 19,0 ([b]) | $0,37_8$ |
| » | 30 | » | » | $0,38_4$ |
| Acide propionique | 10 | 26 | 17,4 ([a]) | 0,63 |
| » | 30 | » | » | 0,65 |

*Remarques*. — ([a]) Valeur de la réfraction moléculaire d'après C. T. Zahn (*Phys. Rev.*, 37. 1931, p. 1516).

([b]) Valeur de la polarisation moléculaire de l'acide acétique solidifié à la température de 10°, d'après nos mesures. Cette valeur de A fournit les valeurs de $\mu$, qui sont les plus vraisemblables (cf. A. Piekara, *loc. cit.*).

Ces résultats s'accordent assez bien avec ceux de M. K. L. Wolf ([1]) et partiellement avec ceux de MM. C. P. Smyth et H. E. Rogers ([2]), qui ont utilisé le benzène comme dissolvant. Ces derniers auteurs avaient trouvé, sans que nous l'ayons su, que la constante diélectrique des acides acétique et *n*-butyrique croît avec la température. Nous avons retrouvé cette anomalie pour quatre acides de la série grasse. Voici quelques résultats :

| Acides : | acétique. | propionique. | *n*-butyrique. | iso-butyrique. |
|---|---|---|---|---|
| $t = 10°$ | 6,430 (liq.) | 3,296 | 2,980 | 2,705 |
| $t = 40°$ | 6,529 | 3,435 | 3,036 | 2,730 |

L'effet de la rotation des groupes OH n'explique pas toutes les anomalies, quoiqu'il rende compte de la variation de la constante diélectrique des acides gras et de leurs moments dipolaires avec la température. L'explication de ces effets exige des recherches détaillées sur l'association des acides gras, association qui est anormalement grande. Ce problème est étudié par M. K. Karczewski dans le Laboratoire de Chimie de Rydzyna.

([1]) *Phys. Zeitschr.*, 31, 1930, p. 227.

([2]) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 1824.

ÉLECTRICITÉ. — *Variations avec le temps de l'intensité du courant dans une substance semi-conductrice soumise à une faible tension.* Note de M. G. DÉCHÊNE, présentée par M. A. Cotton.

L'étude de la répartition du potentiel dans une substance semi-conductrice soumise à une faible tension constante m'a permis de préciser les causes des variations avec le temps de l'intensité du courant.

Le dispositif utilisé a déjà été décrit (¹). Les substances utilisées sont l'oxyde jaune de mercure, le chlorure de plomb, l'oxyde de zinc et le carbonate de sodium effleuri; leurs résistivités, variables avec le degré d'humidité, sont comprises entre 1 et $10^3$ mégohms/cm.

*Force contre-électromotrice de polarisation.* — Soient A et B les deux électrodes, constituées en général par du mercure, et S une des sondes en fer en contact avec la substance. Avant tout passage du courant, les d. d. p. $v_1 = V_A - V_S$ et $v_2 = V_B - V_S$ sont différentes de zéro (ordre de grandeur : 1/10ᵉ volt; si la compression de la substance est bien homogène, les deux valeurs $v_1$ et $v_2$ sont sensiblement égales.

Lorsqu'un courant électrique a traversé au préalable la substance, les d. d. p. $v_1$ et $v_2$ sont différentes; on observe donc une f. c. e. m. $v$ dont la valeur absolue est $v_1 - v_2$. Le Tableau I (colonnes 8, 9, 10) indique les variations de $v_1$, $v_2$ et $v$ avec le temps. La valeur limite de $v$ croît lentement avec la tension utilisée V.

*Exemples.* — Substance utilisée : oxyde jaune de mercure.

| Tension V. | Valeur limite de $v$. |
|---|---|
| 2 volts | 0,26 volt |
| 4 » | 0,33 » |
| 90 » | 0,50 » |

La polarisation décroît spontanément lorsqu'on interrompt le courant et plus rapidement si l'on inverse la tension (Tableau II, colonnes 8, 9, 10).

*Résistances de contact.* — J'ai déjà indiqué (*loc. cit.*) les caractères généraux des résistances de contact qu'on observe sur les électrodes métalliques. Ces résistances de contact $R_A$ et $R_B$ varient au cours du temps.

Pour de faibles tensions, on observe toujours un *accroissement de la résis-*

(¹) REBOUL, *Journal de Physique*, 2, 1931, p. 86; DÉCHÊNE, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1577.

*tance du contact à l'anode et une diminution à la cathode* (Tableaux I et II, colonnes 5 et 6); les modifications disparaissent lentement quand on interrompt le courant; elles sont peu sensibles pour les substances de grande résistivité ($10^3$ mégohms/cm).

TABLEAU I. — *Substance utilisée :* $PbCl^2$

(longueur, $25^{mm}$; section, $2^{cm^2}$; résistance ohmique, 14 MΩ; température, 14°,5; tension, 4 volts).

| Durée du passage du courant. 1. | Discontinuité du potentiel sur l'électrode A (anode) (volts). 2. | B (cathode) (volts). 3. | $i$ unités arbitraires. 4. | $R_A$ (MΩ). 5. | $R_B$ (MΩ). 6. | Résistance totale (MΩ). 7. | $v_1$ (volts). 8. | $v_2$ (volts). 9. | $v$ (volts). 10. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | – | – | – | – | – | – | 0,09 | 0,09 | 0 |
| Quelques secondes | 1,55 | 0,80 | 10,2 | 14 | 8 | 36 | – | 0,06 | – |
| 4 minutes | 1,89 | 0,59 | 9,0 | 19,5 | 6 | 39,5 | 0,13 | 0,05 | 0,08 |
| 10 » | 2,31 | 0,48 | 7,2 | 29 | 6 | 49 | 0,14 | 0,045 | 0,095 |
| 30 » | 2,58 | 0,37 | 6,2 | 37,5 | 5,5 | 57 | 0,15 | 0,045 | 0,105 |
| 90 » | 3,01 | 0,23 | 4,2 | 65 | 5 | 84 | – | – | – |
| 18 heures | 3,41 | 0,13 | 2,3 | 134 | 5 | 153 | 0,18 | 0,06 | 0,12 |
| 24 heures | 3,43 | 0,12 | 2,1 | 148 | 5 | 167 | 0,18 | 0,06 | 0,12 |

TABLEAU II. — *Le sens de la tension est inversé.*

| Temps écoulé depuis l'inversion. 1. | Discontinuité du potentiel sur l'électrode A (cathode) (volts). 2. | B (anode) (volts). 3. | $i$ unités arbitraires. 4. | $R_A$ (MΩ). 5. | $R_B$ (MΩ). 6. | Résistance totale (MΩ). 7. | $v_1$ (volts). 8. | $v_2$ (volts). 9. | $v$ (volts) 10. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | – | – | – | – | – | – | 0,18 | 0,06 | 0,12 |
| Quelques secondes | 3,45 | 0,17 | 3,0 | 102 | 5 | 121 | – | 0,06 | – |
| 2 minutes | 3,00 | – | 5,0 | 53 | – | – | 0,11 | 0,09 | 0,02 |
| 5 » | 2,73 | 0,33 | 5,3 | 46 | 5,5 | 65,5 | – | 0,09 | – |
| 15 » | 1,86 | – | 10,5 | 16 | – | – | 0,04 | 0,10 | −0,06 |
| 30 » | 1,18 | 0,74 | 12,8 | 8,5 | 5,5 | 28 | 0 | 0,11 | −0,11 |
| 1 heure | 0,79 | 0,99 | 13,3 | 5,5 | 6,5 | 26 | 0 | 0,17 | −0,17 |
| 2 heures | 0,50 | 1,58 | 11,3 | 4 | 12,5 | 30,5 | 0 | 0,17 | −0,17 |
| 16 » | 0,13 | 2,96 | 4,9 | 2,5 | 55 | 71,5 | 0,02 | 0,17 | −0,15 |
| 40 » | 0,12 | 3,05 | 4,1 | 2,5 | 68 | 84,5 | 0,07 | 0,19 | −0,12 |

*Variations de l'intensité.* — La diminution de l'intensité $i$ du courant au cours du temps (Tableau I, colonne 4) provient à la fois de l'apparition

progressive de la f. e. m de polarisation et de l'accroissement de la résistance totale de la substance (Tableau I, colonne 7).

Si l'on inverse la tension après un passage du courant prolongé, l'intensité augmente; en effet, la f. e. m de polarisation favorise alors le passage du courant; de plus, l'inversion fait diminuer la résistance de contact à l'électrode qui devient anode, tandis que la modification est peu sensible à l'autre électrode. La résistance de contact anodique continuant à diminuer, l'intensité augmente d'abord au cours du temps après l'inversion; puis cette intensité diminue sous l'influence de la polarisation et de l'accroissement de la résistance de contact cathodique (Tableau II, colonne 4).

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la théorie relativiste des atomes à grand nombre d'électrons*. Note [1] de M. **J. Solomon**, présentée par M. Louis de Broglie.

La généralisation relativiste de la théorie de Thomas-Fermi donne lieu à une intéressante difficulté [2]. La relation relativiste entre la quantité de mouvement maxima d'un électron $p_m$ compatible avec la stabilité de l'atome et le potentiel électrostatique V au point considéré s'écrit

$$p_m^2 = 2m_0 e V + \frac{e^2}{c^2} V^2, \tag{1}$$

où $c$ est la vitesse de la lumière, $e$ et $m_0$ sont la charge et la masse électroniques. Dans ces conditions, en admettant que les cellules d'extension en phase soient toutes garnies, la densité électrique $\rho$ au point où le potentiel électrostatique est V est donnée par

$$-\rho = \frac{8\pi}{3h^3}\left(2m_0 e V + \frac{e^2}{c^2} V^2\right)^{\frac{3}{2}}, \tag{2}$$

où $h$ représente la constante de Planck. Cette relation, jointe à l'équation de Poisson, $\Delta V = -\rho$, permet de déterminer V en tout point. Or, au voisinage du point $r = 0$, V est très sensiblement égal à $Ze/r$, Z étant le numéro atomique de l'élément considéré. Si maintenant on se borne à la région de l'atome où $r \ll Ze^2/2m_0c^2$, (2) se réduit à

$$-\rho = \frac{8\pi}{3h^3}\left(\frac{Ze^2}{cr}\right)^3, \tag{3}$$

[1] Séance du 5 mars 1934.

[2] H. Jensen, *Z. Physik*, 82, 1933, p. 794.

d'où l'on déduit que la quantité d'électricité contenue dans une sphère de rayon aussi petit que l'on veut et centrée sur l'origine est infinie, autrement dit que tous les électrons finissent par tomber sur le noyau.

Cette conclusion paraît en contradiction avec l'intervention de la constante $h$ qui, dans la théorie atomique moderne, conditionne la stabilité de l'atome. On peut évidemment tenir compte de la structure complexe du noyau [1], en adoptant une loi différente du champ coulombien au voisinage immédiat de $r = 0$, mais il importe de remarquer que de telles considérations sont étrangères à la théorie de Thomas-Fermi, qui consiste essentiellement en une simplification de l'équation de Schrödinger, liée au grand nombre d'électrons présents. Or l'introduction dans cette équation du potentiel nucléaire coulombien ne prête à aucune difficulté.

La solution de ce paradoxe semble être différente. Si en effet la constante $h$ figure dans le problème, elle est uniquement liée à l'intervention de la statistique de Fermi qui assigne une limite inférieure finie à l'élément d'extension en phase. Or cette limitation ne fait pas nécessairement intervenir les traits caractéristiques de la mécanique quantique. Nous voyons en effet d'autre part que l'utilisation de relations telles que (1) suppose expressément [2] que l'on admette la permutabilité des grandeurs de position et de quantité de mouvement. C'est ce qui est bien visible lors du passage des éléments de matrice de la théorie des quanta aux coefficients de Fourier de la théorie « classique » de Thomas-Fermi [3]. Ceci revient à exiger que

$$\frac{h}{2\pi p_m} \ll r, \tag{4}$$

soit pour la région voisine de $r = 0$ qui nous intéresse,

$$r \gg \frac{Ze^2}{2 m_0 c^2}\left[\left(\frac{hc}{2\pi e^2 Z}\right)^2 - 1\right]. \tag{5}$$

condition incompatible, quelque élevée que soit la valeur de Z, avec la possibilité de passer de l'expression (2) à sa valeur approchée (3) près du noyau.

---

(1) H. JENSEN, *loc. cit.*

(2) P. A. M. DIRAC, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, **26**, 1930, p. 376.

(3) Cf. le travail précité de Dirac, page 382, en particulier la relation (14). La relation (4) n'exclut d'ailleurs pas l'applicabilité de la statistique quantique, car $p_m$ est la limite supérieure de la quantité de mouvement des électrons au point où le potentiel électrostatique est V.

On peut donc dire que le paradoxe discuté ci-dessus est lié à la non-applicabilité de la méthode de Thomas-Fermi dans le voisinage immédiat de l'origine, non-applicabilité qui intervient d'ailleurs également en dehors de l'atome, le champ y décroissant bien plus rapidement que ne l'indique la loi de Coulomb.

Ajoutons encore que dans le domaine intermédiaire extérieur à la limite (5) où le développement de (2) suivant les puissances de $eV/2m_0c^2$ est possible [1], il importe de tenir compte [2] de l'influence du potentiel vecteur qui réduit sensiblement la correction relativiste à apporter aux tables relatives à l'équation non relativiste.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Diffraction électronique par des films cellulosiques.* Note [3] de M. JEAN-J. TRILLAT, présentée par M. M. de Broglie.

Lorsqu'un faisceau d'électrons monocinétiques traverse une membrane mince de celluloïd ou de nitrocellulose, il arrive parfois qu'il donne lieu à des interférences électroniques plus ou moins nettes (Dauvillier, Kirchner, Taylor Jones).

Différentes interprétations en ont été données, qui, jusqu'ici, ne semblent pas avoir apporté de renseignements nouveaux sur la structure de la cellulose ou de ses esters. Ce moyen d'étude présente cependant un grand intérêt; s'il était possible d'obtenir facilement des diagrammes correspondant à des cristaux uniques de dérivés cellulosiques, on pourrait espérer du même coup déterminer le réseau de ces corps, pour lesquels les rayons X n'apportent que des renseignements incomplets.

C'est dans ce but que j'ai cherché à mettre au point une technique permettant de préparer des films cellulosiques très minces constitués, autant que possible, par des *cristaux isolés*. J'y suis parvenu en utilisant des nitrocelluloses à taux d'azote élevé (13 pour 100), ainsi que des triacétates, tripropionates, tributyrates de cellulose, dissous dans des solvants appropriés. Une goutte de la solution, versée sur du mercure parfaitement propre, donne par évaporation un film dont il est facile de calculer l'épaisseur, et que l'on peut fixer sur un support destiné à l'examen électronique.

---

[1] Cf. M. S. VALLARTA et N. ROSEN, *Phys. Rev.*, 41, 1932, p. 708.
[2] Le développement de ces calculs paraîtra dans un autre Recueil.
[3] Séance du 26 février 1934.

Ces films, d'une épaisseur de 50 à 100 Å, interposés sur le trajet d'électrons monocinétiques de 20 à 50 kilovolts, donnent lieu à de magnifiques phénomènes de diffraction électronique, visibles en plein jour sur un écran fluorescent. En explorant la surface de ces préparations, on rencontre des régions constituées par un grand nombre de très petits cristaux disposés au hasard [anneaux de Debye-Scherrer (*fig.* 1)] ou au contraire des *plages unicristallines* [taches isolées (*fig.* 2)]; en faisant varier l'incidence du pinceau d'électrons, on observe de nouvelles figures d'interférences dont l'importance est essentielle pour la détermination de la structure.

Grâce à l'ensemble des dispositifs utilisés, nous avons, pour la première fois, obtenu et enregistré sous différents angles des diagrammes de cristaux

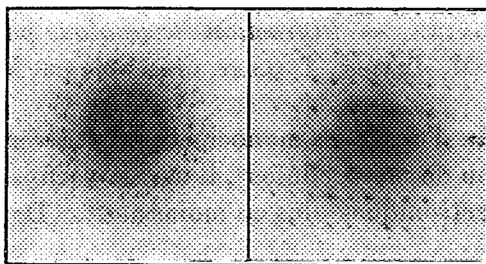


Fig. 1. Fig. 2.

uniques d'acétate de cellulose ainsi que de quelques-uns des termes supérieurs; de même pour la nitrocellulose.

*Étude de la cristallisation des dérivés cellulosiques en fonction du temps.* — Un film mince fraîchement préparé et immédiatement étudié aux électrons est en général amorphe (3 halos); au bout de quelques heures, apparaissent des microcristaux de très petite dimension et disposés au hasard. Après quelques jours (parfois quelques semaines) le film entier est cristallisé; il se forme des plages constituées par des cristaux uniques donnant lieu à un nombre élevé de taches isolées reconnaissables à l'écran fluorescent (*fig.* 1 et 2). Bien entendu, ni les rayons X, ni aucune autre méthode ne peuvent réussir à mettre ceci en évidence.

Il est intéressant de remarquer que l'on peut ainsi mettre en évidence et suivre d'une façon directe la cristallisation des substances cellulosiques; la raison en est que, *à cet état de films très minces*, les tensions internes considérables qui s'exercent au cours du séchage amènent des orientations et des parallélisations des chaînes de valence principale, prélude à la cristallisation. Il est logique de supposer que, sous cette forme, la plupart des

substances organiques polymérisées en chaînes (caoutchouc, protéine, gelatine, etc.) doivent revêtir une structure cristalline décelable seulement par la diffraction électronique, d'où la possibilité jusqu'ici exclue de leur étude complète. Des essais sont en cours à ce sujet.

*Structure des esters de la cellulose.* — Si l'on compare les diagrammes de cristaux uniques de trinitrocellulose, de triacétylcellulose, tripropionyl et tributylcellulose, obtenus avec un faisceau électronique *perpendiculaire* à la surface du film, on constate qu'ils sont absolument identiques, au point de vue position et intensités des taches de diffraction.

Si l'on fait varier l'angle d'incidence du faisceau électronique par rapport au cristal étudié, on observe diverses figures d'interférences caractéristiques. En particulier, pour des angles compris entre 35° et 60°, on voit apparaître sur l'écran des raies parallèles parsemées de spots brillants, ces raies étant elles-mêmes parallèles à l'axe de rotation du cristal, et se resserrant progressivement à mesure que l'angle augmente. Ce phénomène est très remarquable et donne lieu à de beaux enregistrements.

L'interprétation détaillée sera donnée dans un autre Mémoire. Nous dirons simplement ici que nous sommes amenés à conclure que les chaînes cellulosiques sont disposées parallèlement et sont couchées *à plat* sur la surface du film; les atomes équivalents sont situés aux nœuds d'un réseau rectangulaire centré, dont les côtés sont $a = 7{,}10$ Å et $b = 4{,}68$ Å. Les diagrammes pris sous incidence variable conduiraient à trouver pour la troisième dimension de la maille une valeur $c$ égale à 2,5 ou 5,0 Å, la maille étant probablement monoclinique.

Comme on voit, ces résultats diffèrent notablement de ceux donnés par les rayons X; il est possible qu'à cet état de films minces, les chaînes soient un peu déformées et présentent notamment une structure en zigzags. Quoi qu'il en soit, cette méthode est très supérieure à celle des rayons X, car elle permet l'étude des structures de corps qui sont peu ou pas cristallisés dans les conditions ordinaires; nous l'appliquerons prochainement au cas du caoutchouc, des protéines, de la gélatine, et des autres corps organiques dont la constitution résulte de la répétition du même élément fondamental suivant une direction.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur les tentatives d'application des lois de l'émission photoélectrique aux photoéléments à couche d'arrêt.* Note de M. G. **Liandrat**, présentée par M. A. Cotton.

Il est établi, depuis les travaux de Schottky, que dans les éléments photoélectriques à l'oxyde cuivreux ou au sélénium les photoélectrons sont émis par le semi-conducteur et traversent une couche limite de haute résistance qui sépare le semi-conducteur de l'électrode métallique. Il n'est pas évident que l'on puisse assimiler un tel système à une cellule photoélectrique à vide dont les électrodes seraient très rapprochées. Auwers et Kerschbaum (1) ont pu rendre compte de façon satisfaisante, en première approximation, de l'allure des caractéristiques, en invoquant seulement l'existence d'un courant de fuite à travers la couche d'arrêt dès que la résistance du circuit extérieur devient notable. Mais si l'on persiste à considérer comme un effet photoélectrique extérieur le phénomène primaire, il faut admettre que la différence de potentiel engendrée par le courant photoélectrique doit agir de plus sur l'émission primaire, elle-même. La forme des caractéristiques doit par suite être modifiée, d'autant plus que la fréquence de la lumière agissante est plus voisine de la fréquence minimum définie par la relation d'Einstein.

Körösy et Selényi ont observé en effet, suivant la couleur de la lumière agissante, une modification des courbes exprimant la relation entre la différence de potentiel en circuit ouvert et le courant obtenu dans une résistance extérieure très faible (2).

J'ai cherché à accentuer l'effet en reprenant, *en lumière monochromatique*, l'étude des caractéristiques représentant le courant qui traverse la cellule, éclairée ou non éclairée, sous l'action d'une différence de potentiel imposée. Cette méthode offre l'avantage de fournir des résultats plus étendus, tout en évitant l'obligation d'employer des flux lumineux intenses. Enfin elle rend évidente l'existence d'une importante cause d'erreur dont Körösy et Selényi avaient cru pouvoir ne pas tenir compte, sans cependant s'en affranchir en aucune façon. Comme l'avaient signalé Auwers et Kerschbaum, les caractéristiques de la cellule éclairée ne viennent nullement se

(1) O. v. Auwers et H. Kerschbaum, *Ann. der Phys.*, **7**, 1930, p. 129-175.

(2) F. v. Körösy et P. Selényi, *Phys. Zeits.*, **32**, 1931, p. 847-850; *Ann. der Phys.*, **13**, 1932, p. 703-724; *Phys. Zeits.*, **34**, 1933, p. 716-718.

raccorder à la caractéristique obscure à partir d'une certaine différence de potentiel; elles la coupent franchement et après l'avoir dépassée se mettent à monter très rapidement. La cellule fonctionne alors comme une cellule photorésistante. C'est l'effet photoconducteur dans la couche d'arrêt. Les mesures que j'ai faites en lumière monochromatique montrent que cela se produit déjà sous l'action de différences de potentiel très inférieures à celles qui pourraient exercer sur l'émission des photoélectrons une action de freinage considérable. Pour qu'il n'en résulte pas l'impossibilité d'observer, dans ces conditions, une influence de la fréquence conforme à la relation d'Einstein, il faudrait que la courbe de répartition spectrale de la sensibilité soit la même pour l'effet d'émission et pour l'effet intérieur. Or, le premier a son maximum dans le jaune (pour une cellule au sélénium) et le second dans le rouge extrême, région où le premier est déjà presque nul. Cela suffit pour expliquer sans difficulté, dans le sens observé, l'effet de couleur signalé par Körösy et Selényi.

Il importe donc avant tout d'étudier séparément la variation de résistance de la couche limite sous l'action de la lumière. Seules des mesures en courant alternatif, poursuivies dans un large intervalle de fréquences, sont susceptibles d'apporter des renseignements. L'examen des mesures déjà faites par Wood m'a conduit à penser qu'il était nécessaire, pour les interpréter convenablement, d'admettre l'existence d'une seconde couche limite sur la face postérieure du semi-conducteur. Chaque couche d'arrêt se comporte en courant variable comme un condensateur shunté par une résistance : si l'on fait varier la fréquence, l'extrémité du vecteur impédance décrit dans le plan complexe résistance-réactance un demi-cercle dont le diamètre, sur l'axe réel, mesure la résistance en parallèle. On superpose sans difficulté un courant continu provenant soit d'une différence de potentiel imposée, soit de l'action photoélectrique. Or les diagrammes d'impédance obtenus par Wood [1] n'ont pas la forme prévue. Je suis parvenu à montrer qu'on peut les interpréter très bien en additionnant les impédances de deux condensateurs shuntés. L'étude de la forme du diagramme d'un tel système peut être faite soit à partir de considérations géométriques, soit en partant de formules faciles à établir par addition de celles qui expriment l'impédance d'un seul condensateur shunté. Dans les deux cas il convient de remarquer d'abord que si les deux constantes de temps sont égales, le diagramme est un demi-cercle, le diamètre égal à la somme des deux résis-

---

[1] L. A. Wood, *Rev. of Sc. Instr.*, 4, 1933, p. 434-439.

tances. Puis on transporte au centre de ce cercle l'origine des coordonnées et l'on compare le rayon vecteur au rayon constant du demi-cercle. La courbe cherchée est inscrite dans le demi-cercle et en diffère d'autant plus que le rapport des constantes de temps est plus différent de l'unité. Cette théorie trouve une vérification expérimentale immédiate dans le fait suivant observé par Wood : si l'on éclaire la cellule, le diagramme se rapproche d'un demi-cercle centré sur l'axe des résistances réelles. La lumière, en effet, ne peut atteindre que la première couche d'arrêt à cause de l'opacité de la couche semi-conductrice (sélénium dans les expériences de Wood); par suite, la première résistance seule diminue sous l'action de la lumière et le rapport des constantes de temps se trouve modifié. Dans le cas de la cellule étudiée, précisément, il se rapproche de l'unité. Une élévation uniforme de la température au contraire diminue également les deux résistances et réduit les dimensions du diagramme sans modifier sa forme, et cela est encore conforme aux faits observés.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique de l'hydrogène sélénié.* Note de MM. **R. de Mallemann** et **P. Gabiano**, présentée par M. A. Cotton.

Le gaz a été préparé en suivant la méthode indiquée par de Forcrand et Fonzes-Diacon : décomposition par l'eau du séléniure d'aluminium, obtenu lui-même en combinant les deux corps pulvérisés par l'inflammation d'un ruban de magnésium. L'hydrogène sélénié est solidifié dans l'air liquide, puis distillé dans le tube polarimétrique. Il est exempt d'hydrogène, mais les mesures doivent être faites rapidement, car le gaz, peu stable, se décompose partiellement à la lumière.

La moyenne des rotations simples, pour la raie *jaune* du mercure, sous une pression de $770^{mm}$, à la température de $9^{\circ}$, a été $0^{\circ},64$, sous une différence de potentiel magnétique égale à $641.10^{3}$ C. G. S.

Pour la raie *verte*, on a trouvé $0^{\circ},71$.

On en déduit la constante de Verdet ($\lambda = 578^{m\mu}$) : $\Lambda_0^{760^{mm}} = 61.10^{-6}$ (minute).

Rotation moléculaire de $H^2Se$ : $[\Lambda]_M = 40.10^{-5}$ (radian).

Si nous retranchons de ce dernier nombre le double de la rotation atomique de l'hydrogène, nous obtenons $36.10^{-5}$ environ; ce résultat fixe l'ordre de grandeur de la rotation *atomique* du *sélénium*. Cette rotation est

notablement supérieure à celle du soufre (23,5), ce qui confirme la variation périodique des rotations atomiques dans le groupe des métalloïdes, que nos résultats antérieurs laissaient prévoir [1].

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Influence de la température sur le rendement des alternateurs et des transformateurs.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. L'emploi de la ventilation pour abaisser la température des alternateurs et des transformateurs est entré depuis longtemps dans la pratique industrielle. On admet généralement qu'il en résulte une augmentation du rendement. C'est ce point que nous voulons examiner ici.

Les pertes d'énergie qui dépendent de la température sont : la chaleur de Joule, les pertes par hystérésis et celles par courant de Foucault; mais, tandis que la chaleur de Joule *croît*, les pertes par hystérésis et courants de Foucault *décroissent* quand la température s'élève et il n'est pas évident que le premier effet l'emporte sur le second.

Pour savoir ce qu'il en est il faut étudier le signe de la fonction $d\varpi/dt$ ($\varpi$ désignant la perte totale) et, en premier lieu, chercher s'il existe une température particulière $t_n$ pour laquelle $d\varpi/dt$ s'annule (point neutre). Ce problème met en jeu deux variables indépendantes : la température $t$, réglée par le jeu d'un ventilateur ordinaire ou d'une machine frigorifique, et la puissance P réglée par la charge imposée à l'appareil.

La principale difficulté du calcul réside dans l'expression exacte des pertes dans le fer et notamment des pertes par hystérésis.

On admet généralement pour ces dernières une expression de la forme

$$\text{(1)} \qquad H = \eta B_m^p N . 10^{-7} \quad \text{(watt par cm}^3\text{)},$$

dans laquelle $B_m$ représente l'induction maxima, $p$ un exposant compris généralement entre 1,5 et 2, N la fréquence et $\eta$ un coefficient (coefficient de Steinmetz généralisé) qui dépend lui-même de la nature des tôles employées, de leur traitement thermique, de la température $t$ de fonctionnement et même de la forme du courant. Nous poserons : $\eta = \eta_0(1 - \alpha t)$,

---

[1] *Journal de Physique*, 7e série, 4, 1933, p. 50 S. Le nombre $36.10^{-5}$ est peut-être un peu faible, en raison d'une légère décomposition du gaz pendant les mesures.

$\alpha$ désignant un coefficient qui paraît être de l'ordre de 0,001 à 0,002 [1].

Les pertes F par courants de Foucault s'expriment avec plus de sécurité par la formule

$$F = \frac{A}{\rho} B_m^2 N^2 . 10^{-7} \quad \text{(watt par cm}^3\text{)}, \tag{2}$$

où $\rho$ désigne la résistivité du fer et A un coefficient numérique. Nous poserons $\rho = \rho_0(1 + \beta t)$.

Enfin les pertes par chaleur de Joule s'expriment sans incertitude par les formules classiques bien connues qui font intervenir la résistivité du cuivre et son coefficient de température $\gamma$.

2. A titre d'exemple, nous envisagerons le cas d'un transformateur fermé sur un circuit non inductif.

Mettons la perte totale $\varpi$ sous la forme

$$\varpi = H_0(1 - \alpha t) + \frac{F_0}{1 + \beta t} + C'_0(1 + \gamma t) P^2,$$

P désignant la puissance effective [2].

La quantité $d^2\varpi/dt^2$ étant positive dans toute l'échelle des températures, le point neutre $(d\varpi/dt = 0)$ correspondra nécessairement à un *minimum* pour la perte totale.

Pour éliminer les incertitudes concernant les valeurs exactes de $H_0$ et $F_0$ et faciliter la discussion, nous supposerons que les pertes dans le fer et dans le cuivre aient été équilibrées, à une certaine température $t_0$, pour une certaine puissance $P_0$, et nous poserons $f_0 = F_0/H_0$.

Sans entrer dans le détail du calcul et de la discussion (qui comportent l'emploi de méthodes graphiques et seront publiés ailleurs), nous nous bornerons ici à indiquer quelques résultats.

En adoptant pour $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $t_0$ les valeurs suivantes [3] : $\alpha = 0,0010$,

---

(1) KUNZ, *Lumière électrique*, 52, 1894, p. 484; MORRIS, *Phil. Mag.*, 44, 1897, p. 213; WILLS, *Phil Mag.*, 5, 1903, p. 117; YENSEN, *Trans. of Am. Inst. of electrical engineers*, 43, 1924, p. 145.

(2) Cette formule ne tient pas compte des pertes supplémentaires par courants de Foucault dans les enroulements que l'on peut rendre pratiquement négligeables par une disposition convenable.

(3) Les constantes $\alpha$ et $\beta$ dépendent essentiellement de la composition des tôles et du traitement préalable auquel elles ont été soumises, elles peuvent différer notablement de celles envisagées ici, notamment pour les tôles au silicium actuellement employées.

$\beta = 0,0060$, $\gamma = 0,0043$, $t_0 = 100°$, on trouve que, sous la charge $P = P_0$, le point neutre se déplace entre $+48°$ et $-15°$ lorsque $f_0$ varie entre 1 et 1/4. En adoptant $\alpha = 0,0020$, le point neutre se déplacerait dans les mêmes conditions entre 100° et 50°.

Dans ce dernier cas ($t_n = 50°$), tout refroidissement au-dessous de 50° serait inutile, sinon franchement nuisible. Pratiquement, puisqu'il s'agit d'un minimum, il suffirait de refroidir par exemple jusqu'à 60°. Pour $t_n = 105°$, la réfrigération ne pourrait qu'augmenter les pertes.

3. D'une manière générale, la simple réfrigération ne peut accroître le rendement que d'une quantité assez minime et l'emploi d'une machine frigorifique proprement dite, dont le coût est toujours relativement élevé, pourrait paraître difficile à justifier.

Mais on peut réduire beaucoup cette dépense en limitant le rôle de la machine frigorifique à celui *d'appoint à la ventilation pendant les pointes* comme l'a proposé M. Neu (¹). Dans d'autres cas, on pourra, suivant la méthode préconisée par M. Follain (²), utiliser la machine frigorifique pour capter et récupérer l'énergie dissipée dans l'appareillage électrique. L'installation frigorifique peut être alors rapidement amortie.

Dans tous les cas la connaissance du point neutre, en permettant de réduire au minimum les pertes (et par conséquent, le coût de l'installation frigorifique), peut accroître beaucoup la valeur économique de l'opération.

### CHIMIE MINÉRALE. — *Action des chlorates sur le soufre, le sélénium et le tellure*. Note de M. **Jean Amiel**.

Cette étude a été entreprise pour expliquer les inflammations spontanées des mélanges de chlorates alcalino-terreux et de soufre, reconnus inutilisables en pyrotechnie, surtout quand ils sont agglomérés à la gomme arabique. J'attribue le phénomène à la production de $ClO^2$, après avoir examiné l'influence de petites quantités d'eau sur l'action d'un grand nombre de chlorates sur le soufre, le sélénium et le tellure.

*Préparation des chlorates.* — On trouve dans le commerce les sels alcalins ou alcalino-terreux; j'ai préparé le chlorate de plomb par action d'une solution de l'acide sur le carbonate; une double décomposition entre un sulfate métallique et le chlorate de baryum en solution aqueuse m'a fourni les chlorates des métaux : Mg, Zn, Cd, Ni, Co, Cu bivalent,

(¹) *Bull. Soc. fr. des Électriciens*, 9, 1929, p. 549.

(²) *Revue générale du Froid*, 1, 1920, p. 60.

Cr trivalent. Après filtration, la solution est concentrée dans le vide, d'abord vers 60°, puis en présence de $P^2O^5$ à 10°.

*Action sur le soufre.* — En présence d'eau, les sels alcalins ne réagissent pas. Tous les autres donnent du peroxyde de chlore tant qu'on ne dépasse guère 60°, du chlore et de l'oxygène dans les autres cas. Si le soufre est en excès, il forme du chlorure $Cl^2S^2$, décomposable par l'eau en régénérant du soufre. Le soufre qui a réagi passe à l'état de sulfate et cette transformation peut être complète. La réaction est très brutale avec les chlorates de Mg, Ni, Co, Cd, Zn. En présence de papier ou de gomme arabique, il peut y avoir inflammation.

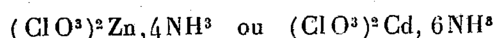
*Action sur le sélénium.* — Tous les chlorates, même les alcalins, attaquent le sélénium au contact de l'eau, de la même façon que le soufre. On obtient encore les gaz $ClO^2$, $Cl^2$, $O^2$, un séléniate, un sélénite et éventuellement un peu de chlorure de sélénium.

Le sélénium en poudre mouillé de très peu d'eau réagit avec incandescence sur tous les chlorates, sauf celui de potassium; en fragments fondus, donne avec les sels alcalins $Cl^2$ et non $ClO^2$.

*Action sur le tellure.* — Le tellure est difficilement attaqué dans les conditions précédentes. Seules agissent sur lui les solutions concentrées de l'acide chlorique ou d'un chlorate de la série magnésienne. Vers 60°, on a $ClO^2$, $Cl^2$ et $O^2$; à 100°, $Cl^2$ et $O^2$ seulement.

*Conclusion.* — Le soufre et, plus facilement encore, le sélénium sont oxydés et chlorurés par la plupart des chlorates en présence de très peu d'eau; avec un excès de chlorate, on obtient uniquement un sulfate ou un séléniate. On observe un dégagement des gaz $Cl^2$, $O^2$ et $ClO^2$ au-dessous de 50-60°; le dernier provoque l'inflammation du mélange de chlorate et de sélénium, et, en présence de papier, de gomme, d'amidon, de sucre, etc., les mélanges de chlorate et de soufre, dans l'ordre suivant de facilité croissante : chlorates de K, Na, Ba, Sr, Ca, Pb, Cu, Cr, Mg, Ni, Co, Zn, Cd.

Les chlorates ammoniacaux tels que



$$(ClO^3)^2Zn, 4NH^3 \quad \text{ou} \quad (ClO^3)^2Cd, 6NH^3$$

n'agissent ni sur le soufre, ni sur le sélénium.

Ces réactions sont intimement liées à l'hydrolyse des solutions aqueuses de chlorates. Le mélange desséché soigneusement de chlorate de strontium et de fleur de soufre lavée, peut être conservé en présence de $P^2O^5$ sans réaction observable. De même l'addition d'un acétate alcalin qui joue le rôle de tampon fait disparaître l'action sur le soufre et le sélénium des chlorates les plus actifs, comme ceux de Co ou de Zn.

Notons que les chlorates agissent également sur le soufre et le sélénium mis en suspension dans un alcool; la réaction sur les alcools d'un chlorate en présence de soufre ou de sélénium fera l'objet d'une publication ultérieure.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la passivité du magnésium dans les solutions d'anhydride chromique et sur son décapage chimique après corrosion.* Note (¹) de MM. **Marcel Chaussain** et **Henri Fournier**, présentée par M. Léon Guillet.

On sait qu'on peut utiliser une solution bouillante d'anhydride chromique pour l'élimination des produits de corrosion adhérents à la surface du magnésium; et la méthode est encore applicable même si des chlorures, provenant par exemple du liquide corrodant, subsistent au sein du dépôt à faire disparaître. Dans ce cas, il suffit d'empêcher leur dissolution dans le bain de décapage, en ajoutant à ce dernier du chromate d'argent.

Des expériences mettant en œuvre ce procédé sur des éprouvettes brutes ou corrodées en magnésium à 99,8 pour 100, laminé et recuit, nous ont montré une divergence notable de certains résultats. L'examen des facteurs mis en jeu nous a permis d'attribuer ces écarts à l'importance de l'un d'eux : la pureté, ou plus exactement la teneur en acide sulfurique de l'anhydride chromique utilisé dans l'opération. Nous avons donc été conduits à étudier la passivité du magnésium dans des solutions chromiques de concentration variable en acide sulfurique.

Il est montré, par nos résultats résumés dans le Tableau I, que la passivité du magnésium obtenue totale en moins de une minute par immersion dans une solution bouillante d'anhydride chromique pur, devient rapidement incomplète quand la concentration en acide sulfurique croît. Pratiquement, cette propriété disparaît avec la solution chromique à 15 pour 100 considérée pour une teneur en acide sulfurique comprise entre 1 et $1^g,5$ par litre.

Des faits analogues ont été observés par Evans (²) dans la passivité chromique du fer.

Parallèlement, des variations d'apparence caractéristiques sont notées sur le métal ainsi traité qui prend un aspect superficiel : mat, miroitant on

(¹) Séance du 26 février 1934.

(²) Evans, *J. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 478.

mordoré, suivant que l'on a opéré dans la zone de passivité totale, partielle ou dans celle d'attaque.

La dernière ligne du Tableau I montre qu'il est possible, par un procédé identique à celui employé par Whitby ([1]) pour l'élimination du chlore, d'obtenir la passivité du magnésium dans une solution contenant initialement de l'acide sulfurique, en ajoutant au liquide une quantité suffisante de chromate de baryum pour amener la totalité de cet acide à l'état de sulfate de baryum insoluble.

En présence des résultats ci-dessus, de l'existence fréquente de petites quantités d'acide sulfurique incomplètement éliminé dans les échantillons d'anhydride chromique de pureté courante et aussi de la formation d'une quantité importante de sulfate dans la corrosion atmosphérique du magnésium ([2]), nous avons cherché, par l'emploi d'une solution chromique contenant du chromate d'argent et du chromate de baryum, à éliminer cette cause d'erreur.

Il est vérifié, par les résultats résumés dans la ligne 8 du Tableau II, qu'une perte de poids constante dans le temps est ainsi obtenue malgré l'introduction simultanée d'ions chlore et sulfurique.

Les autres résultats du même tableau montrent l'importance des erreurs commises dans le cas contraire.

En conclusion, cette légère modification de la méthode de décapage du magnésium permet d'utiliser des anhydrides chromiques de pureté courante. Dans le cas où l'addition du chromate d'argent seule est effectuée, la vérification de la pureté de l'acide utilisé est de première importance.

TABLEAU I. — *Passivité du magnésium à* 99,8 *pour* 100 *dans des solutions chromiques à* 15 *pour* 100 *contenant de l'acide sulfurique.*

| Concentration en acide sulfurique (grammes $H^2SO^4$ par litre). | Pertes de poids totales en grammes par $M^2$. Après 1 min. d'immersion. | Après 2 min. d'immersion. |
|---|---|---|
| 5 | 110 | 191 |
| 2,5 | 128 | 178 |
| 2 | 80 | 159 |
| 1,5 | 19 | 41 |
| 1 | 5,7 | 7,6 |
| 0,10 | 4,6 | 4,9 |
| 0,00 | 3,7 | 4,1 |
| 5 (mais avec addition de 2 °/₀ $CrO^4Ba$) | 4,5 | 4,6 |

([1]) WHITBY, *J. of Chemistry and Industry*, 10, 1931, p. 83.

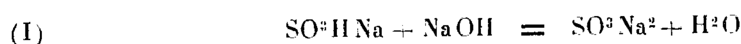
([2]) BENGOUGH et WHITBY, *Aircraft engineering*, 6, 1934, p. 59.

Tableau II. — *Décapage chromique du magnésium à 99,8 pour 100. Influence du chlore et de l'acide sulfurique*

| | État initial de l'éprouvette. | Impuretés introduites. | Composition du bain de décapage. | Pertes de poids totales en grammes par M² après les temps d'immersion de : 0 (¹). | 1 min. | 5 min. | 10 min. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Brut......... | – | 15 % $CrO^3$ | – | 3 | 3,1 | 3,3 |
| 2. | Corrodé..... | Chlore (²) | | –166 | 103 | 169 | 184 |
| 3. | Brut......... | – | 15 % $CrO^3$ + 1 % $CrO^4Ag^2$ | – | 1,6 | 2,1 | 2,1 |
| 4. | Corrodé..... | Chlore | | –176 | 89 | 160 | 160 |
| 5. | Brut......... | 0,5 % $H^2SO^4$ | 15 % $CrO^3$ + 1 % $CrO^4Ag^2$ | – | 138 | 176 | – |
| 6. | Corrodé..... | Cl + 0,5 % $H^2SO^4$ | | –185 | 190 | 314 | 330 (⁴) |
| 7. | Brut......... | 0,5 % $H^2SO^4$ | 15 % $CrO^3$ + 1 % $CrO^4Ag^2$ + 2 % $CrO^4Ba$ | – | 3,6 | 3,9 | 3,9 |
| 8. | Corrodé (³).. | Cl + 0,5 % $H^2SO^4$ | | –55 | 61 | 65 | 66 |

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode acidimétrique de dosage du formol et des sulfites.* Note de M. **Malaprade**, présentée par M. Matignon.

La constante d'ionisation de la fonction acide faible de l'acide sulfureux est voisine de $10^{-7}$ (⁵); on en déduit, par un calcul classique, que l'indicateur convenable de fin de neutralisation du bisulfite suivant :



$$\text{(I)} \qquad SO^3HNa + NaOH = SO^3Na^2 + H^2O$$

est la *thymolphtaléine*, qui vire de l'incolore au bleu quand le pH de la solution passe de 9,5 à 10,5.

Le sulfite neutre du commerce est nettement alcalin vis-à-vis de la thymolphtaléine, parce qu'il est carbonaté : on le décarbonate en lui ajoutant une quantité d'acide sulfurique suffisante pour le transformer en bisulfite, puis en faisant bouillir la solution.

---

(¹) La perte de poids négative figurant au temps 0 pour les éprouvettes corrodées correspond au dépôt adhérent.

(²) Après corrosion dans l'eau de mer artificielle, les éprouvettes sont séchées sans être lavées. Elles entraînent donc une certaine quantité de chlorure.

(³) La durée de corrosion a été de 2 heures au lieu de 4 heures pour les autres essais.

(⁴) La perte de poids semble tendre vers une limite. Ceci résulte, non de la passivation du métal, mais de l'épuisement de la solution. Si l'on plonge l'éprouvette dans une solution neuve pendant 30 secondes, la perte de poids atteint une valeur de 450.

(⁵) Kolthoff, *Chem. Weekblad*, 16, 1919, p. 1154.

La solution obtenue donne bien, quand on la titre par de la soude 0,2 N, un virage très net de la thymolphtaléine.

Le formol et le sulfite neutre réagissent l'un sur l'autre suivant la réaction



$$\text{(II)} \qquad SO^3Na^2 + HCHO = SO^3HNa\,HCHO + NaOH.$$

Cette réaction est très rapide lorsque l'un des deux corps est en excès. La combinaison bisulfitique formée étant neutre vis-à-vis de la phénolphtaléine (donc aussi vis-à-vis de la thymolphtaléine), on pourra, en titrant la soude libérée, doser soit le formol, soit le sulfite neutre.

*Dosage du formol.* — On neutralise la prise d'essai jusqu'à virage de la thymolphtaléine, on lui ajoute un excès de sulfite neutre fraîchement préparé par neutralisation d'une solution décarbonatée de bisulfite, et l'on titre la soude libérée jusqu'à retour de la thymolphtaléine à l'incolore.

Un dosage demande moins de deux minutes.

On peut opérer en présence d'air, l'oxydation d'une partie du sulfite neutre en sulfate neutre n'ayant aucune importance ici.

Cette méthode appliquée à une solution de formol 0,270 M, étalonnée d'après le procédé au chlorhydrate d'hydroxylamine de MM. Vavon et Anziani [1], a donné pour valeurs du titre :

0,270, 0,270, 0,272 M.

*Dosage du sulfite.* — La prise d'essai est neutralisée jusqu'à virage de la thymolphtaléine, on lui ajoute un excès de solution de formol, elle-même neutralisée au préalable (la solution commerciale est acide), et on titre la soude libérée jusqu'à retour à l'incolore de la thymolphtaléine; l'on introduit alors de la phénolphtaléine et termine le titrage jusqu'à décoloration de la phénolphaléine. Il suffit, en général, d'une goutte d'acide 0,2 N pour décolorer la phénolphtaléine.

La neutralisation de la prise d'essai doit-être effectuée à l'abri de l'air. Le titrage après introduction du formol peut être effectué à l'air. Avec une solution bisulfitique 0,122 M, étalonnée par le procédé à l'iodate de potassium de Hendrixon [2], notre méthode a donné comme valeurs du titre :

0,1215, 0,122, 0,121 M.

---

(1) Vavon et Anziani, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 39, 1926, p. 325.

(2) Hendrixon, *J. Am. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 1319.

Nous avons vérifié que l'on peut ainsi doser *directement* :

*a*. les sulfites à côté des hyposulfites qui sont sans action sur le formol dans les conditions de l'expérience;

*b*. les sulfites à côté des hydrosulfites qui donnent avec le formol des produits neutres :



$$S^2O^4Na^2 + 2HCHO + H^2O = SO^3NaH.HCHO + SO^2NaH.HCHO;$$

*c*. le sulfite libre dans une rongalite.

Pour titrer la soude libérée, nous avons employé une solution titrée d'acide acétique renfermant de l'acétate de soude, afin d'éviter les actions locales possibles des acides forts au cours du titrage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions moléculaires dans la série du diméthylcyclohexane, avec ou sans réduction de cycle, par déshalogénation des chlorhydrines et par isomérisation des époxydes.* Note de MM. **Tiffeneau**, **E. Ditz** et M^lle **B. Tchoubar**, présentée par M. Béhal.

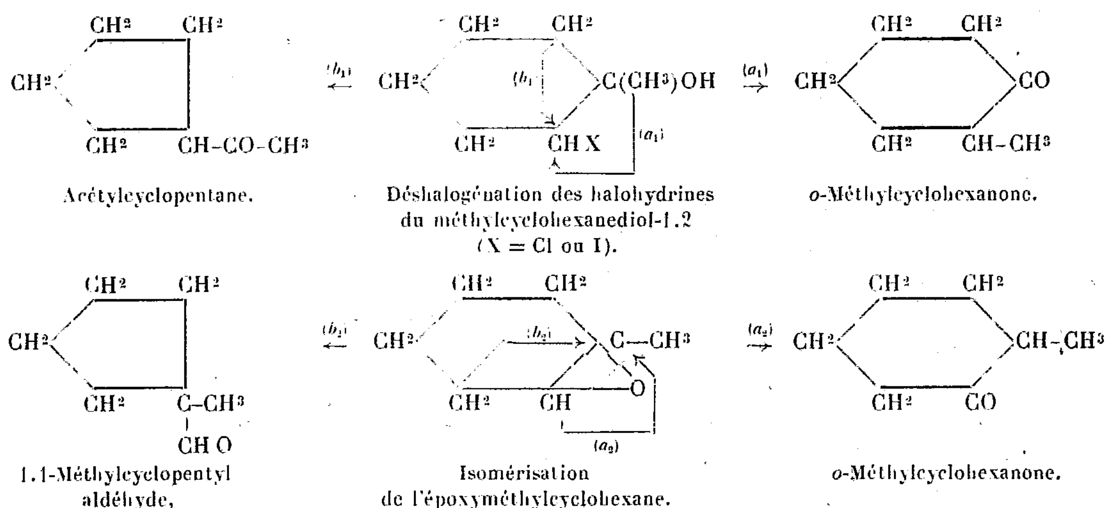
Les halohydrines des α-glycols cycliques et hydrocycliques peuvent au cours de leur déshalogénation par certains réactifs donner lieu à des transpositions moléculaires. En série hydrocyclique ces transpositions comportent en outre des phénomènes de réduction de cycle dont on connait d'assez nombreux exemples. L'un de nous a récemment montré (1) que l'isomérisation par la chaleur des époxydes (2) dérivés des mêmes glycols conduit à des transpositions analogues, mais avec un autre mécanisme de rupture, si bien que les produits obtenus diffèrent également, tout au moins en ce qui concerne la transposition avec réduction de cycle.

On verra page 1040 que dans la première des deux réactions il y a double transposition, l'une avec migration d'un radical méthyle, l'autre avec rupture du cycle et soudure sur un autre carbone, tandis que dans la seconde, seule cette dernière a lieu, l'autre mécanisme

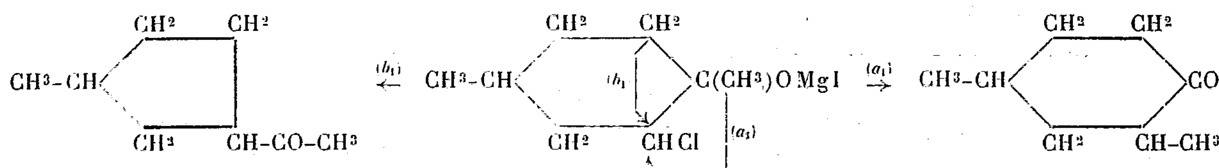
(1) Tiffeneau, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1284.

(2) De telles isomérisations d'époxydes avec transpositions ont été déjà réalisées soit en série cyclique (Tiffeneau, Orékhoff et M^lle Jeanne Lévy, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 977; Tiffeneau et J. Lévy, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 392; *Bull. Soc. chim.*, 39, 1926, p. 774; Jeanne Lévy et Tabart, *ibid.*, 49, 1931, p. 1847), soit en série hydrocyclique avec réduction de cycle (Jeanne Lévy et Sfiras, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 45; Bedos et Ruyer, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 255).

comportant une simple migration d'hydrogène et conduisant à la même cétone. Toutefois pour que dans la première, la migration du méthyle quoique évidente puisse être considérée comme certaine, il fallait opérer avec un homologue possédant une substitution sur l'un des sommets de l'hexagone. Nous avons précisément effectué cette étude sur des dérivés contenant un méthyle en para par rapport au méthyle déjà existant. Dans ces conditions nous avons obtenu, comme ci-dessous, aussi bien pour l'halohydrine que pour l'époxyde, deux transpositions se rattachant l'une au type semi-pinacolique (1°), l'autre au type semi-hydrobenzoïnique (2°) conduisant ainsi à quatre produits différents dont deux comportent une réduction de cycle ($b_1$) et ($b_2$).



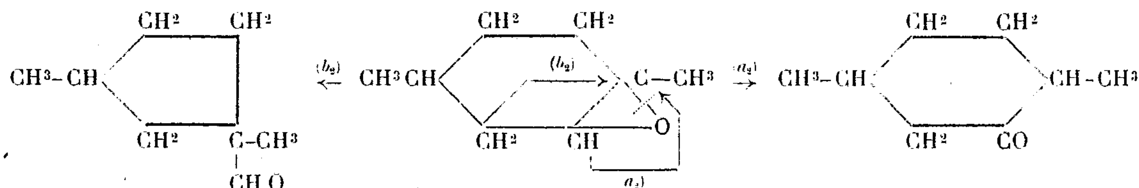

1° *Déshalogénation du chloro-2-diméthyl-1.4-cyclohexanol-1.* — Cette chlorhydrine (Éb. 92-94° sous 16-17$^{mm}$, $D_4^{21} = 1,0611$; $N_D^{21} = 1,4771$) a été préparée par action à froid de $IMgCH^3$ sur la chloro-2-méthyl-4-cyclohexanone. On la fait tomber peu à peu dans une solution éthérée de $BrMgC^2H^5$; il y a dégagement d'éthane et formation du composé magnésique ci-dessous qui, après chauffage au bain-marie jusqu'à évaporation de l'éther et boursouflement de la masse, fournit un mélange de deux cétones qu'on sépare par leurs semi-carbazones; l'une, fusible à 132°, est celle de l'acétyl-1-méthyl-3-cyclopentane déjà décrite, l'autre, fusible à 190°, est celle de la diméthyl-2.4-cyclohexanone bien connue.




2° *Isomérisation de l'époxy-1.2-diméthyl-1.4-cyclohexanone* (¹). — Cet époxyde

(¹) *Loc. cit.*

(Eb. 155°) a été obtenu dans l'action de I et HgO sur le paradiméthylcyclohexène (Eb. 129-130°), où il se forme à côté de l iodhydrine correspondante probablement par action sur celle-ci de HgO en excès. L'isomérisation effectuée par passage sur la terre d'infusoires à 220-230° fournit deux produits qui se combinent à la semi-carbazide en formant deux semi-carbazones qu'on sépare par cristallisation; l'une qui fond à 160° est identique à la semi-carbazone de la diméthyl-2.5-cyclohexanone ($a_2$), l'autre fusible à 111° correspond vraisemblablement à la diméthyl-1.3-cyclopentylaldéhyde-1 ($b_2$).




*Conclusions.* — La déshalogénation magnésienne du chloro-2-diméthyl-1.4-cyclohexanol-1 et l'isomérisation par la chaleur de l'époxyde correspondant conduisent à quatre produits distincts. Chacune de ces réactions s'effectue par un mécanisme différent : dans le premier cas, l'oxygène reste fixé sur le carbone tertiaire d'où double transposition, se rattachant au type semi-pinacolique, l'une comportant une migration du méthyle, l'autre une réduction du cycle; dans le second cas, l'oxygène reste fixé sur le carbone secondaire, d'où unique transposition suivant le type semi-hydrobenzoïnique et avec réduction de cycle; il y a, en outre, formation simultanée d'une cétone non transposée résultant d'une simple migration d'hydrogène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Effet Raman, réfraction moléculaire et constitution. Sur le prétendu benzylcyclohexène-α.* Note de MM. **Ch. Prévost**, **P. Donzelot** et **E. Balla**, présentée par M. Delépine.

Les doubles liaisons ont une tendance marquée à se conjuguer, soit entre elles, soit avec les doubles liaisons hypothétiques de Kékulé dans les noyaux benzéniques. C'est là un phénomène dont on n'a jusqu'ici donné aucune bonne explication théorique, mais dont la réalité expérimentale est incontestable.

On observe soit des migrations irréversibles d'hydrogène accompagnées d'un rapprochement des doubles liaisons, soit des migrations réversibles conduisant à un équilibre dans lequel la molécule à liaisons conjuguées domine nettement (*exemples :* passage de l'acide vinylacétique à l'acide crotonique, migration allylpropénylique chez les allylbenzènes, etc.).

Aussi, les phénylalcoylcarbinols de forme générale



$$C^6H^5 - CHOH - CH(R) - CHR^2$$

qui se déshydratent facilement, doivent le faire en conduisant surtout aux homologues du styrolène, et non à ceux de l'allylbenzène; la présence de traces de ces derniers dans le carbure de déshydratation devant à notre avis être attribuée à une isomérisation très partielle ultérieure.

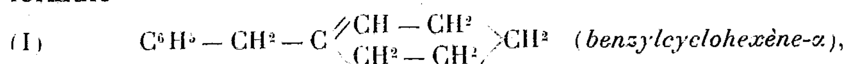
Nous l'avons bien vérifié sur deux exemples particulièrement accessibles.

*L'éthylphénylcarbinol* (en présence de bisulfate de potassium) ne donne pas d'autre carbure $C^9H^{10}$ que le *propénylbenzène*. Nous n'avons pas trouvé trace d'*allylbenzène*.

Avec l'*isopropylphénylcarbinol*, les résultats furent un peu moins nets. En effet, en dehors du *ββ-diméthylstyrolène* nettement prépondérant, nous avons rencontré environ 5 pour 100 d'un carbure plus volatil qui est peut-être un *β-méthylallylbenzène*. Encore convient-il de faire quelques réserves, car notre carbinol ne présentait pas des garanties de pureté absolue.

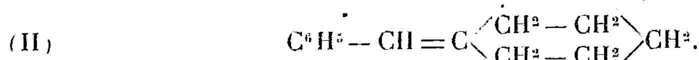
Les travaux de Auwers et Treppmann [1] sont en contradiction avec ces résultats et avec les conclusions ci-dessus.

Ces auteurs prétendent que la déshydratation du *phénylcyclohexylcarbinol* (en présence de bisulfate de potassium) conduit à un carbure de formule



$$\text{(I)} \qquad C^6H^5 - CH^2 - C{\begin{matrix} \nearrow CH - CH^2 \\ \searrow CH^2 - CH^2 \end{matrix}} > CH^2 \quad (\textit{benzylcyclohexène-}\alpha),$$

qui a par conséquent la constitution de l'allylbenzène. Ils appuient leur formule sur la valeur de la réfraction moléculaire qui ne présenterait qu'une faible exaltation (0,4), et sur une oxydation permanganique. Or, les résultats de celle-ci ne sont nullement probants : l'obtention d'un glycol dont la formule développée n'est pas élucidée s'accorde en effet aussi bien avec la formule du *benzylidènecyclohexane*



$$\text{(II)} \qquad C^6H^5 - CH = C{\begin{matrix} \nearrow CH^2 - CH^2 \searrow \\ \searrow CH^2 - CH^2 \nearrow \end{matrix}} CH^2.$$

L'obtention de quantités massives d'acide benzoïque s'accorde mieux avec cette dernière formule.

Nous avons donc repris la déshydratation du phénylcyclohexylcarbinol en opérant sur un échantillon remarquablement pur. Nous avons trouvé

---

[1] *Ber. d. Chem. Ges.*, 48, 1915, p. 1208.

un carbure dont voici les constantes : Eb. 116° sous $9^{mm},5$, $D_{23°} = 0,9663$; $n_D^{23°} = 1,55674$. Ces constantes sont voisines de celles de Auwers et Treppmann, sauf notre indice qui est nettement plus fort. La réfraction moléculaire de notre carbure présente ainsi une exaltation de 1,32 qui n'est plus compatible qu'avec la formule (II). D'ailleurs, le point d'ébullition de notre corps est rigoureusement fixe; il se congèle dans l'anhydride carbonique solide imbibé d'acétone, et fond à —38°, —36°. La viscosité du liquide à la température de fusion a empêché une meilleure détermination de cette température. Le point de fusion est relativement élevé pour un carbure et suppose une certaine symétrie que la formule (I) n'a pas. De plus, le ββ-diméthylstyrolène que nous avons réussi à congeler fond à —52°, —51°. Ce carbure présente la même symétrie.

Nous avons déterminé avec précision les réfractions moléculaires de quelques homologues du styrolène : nous avons trouvé les exaltations suivantes : *styrolène :* 1,15; *propénylbenzène :* 1,14; ββ-*diméthylstyrolène :* 1,31; le carbure contesté a donc très vraisemblablement la constitution styrolénique. Il est probable que le carbure de Auwers et Treppmann était aussi le benzylidènecyclohexane, mais souillé d'une impureté plus dense ou moins réfringente.

Nous avons voulu parfaire notre démonstration par l'étude du spectre Raman de notre carbure. Les données trouvées dans la littérature étaient insuffisantes, car les carbures styroléniques étudiés à ce point de vue par Lespieau et Bourguel étaient trop éloignés du benzylidènecyclohexane. Aussi avons-nous dû déterminer le spectre Raman du ββ-diméthylstyrolène. Ce spectre et celui du benzylidènecyclohexane possèdent des raies communes et d'autres extrêmement voisines qui ne laissent aucun doute sur la constitution de la partie de la molécule en litige. Voici les fréquences Raman des raies les plus caractéristiques :

*Diméthylstyrolène :* 335(f), 511(m), 618(f), 739(f), 998(F), 1028(f), 1183(m), 1291(f). 1493(f), 1575(m), 1599(FF), 1657(FFF)[1].

*Benzylidènecyclohexane :* 335(f), 511(m), 616(m), 735(m), 999(F), 1024(m), 1182(m), 1288(m), 1490(f), 1572(f), 1596(FF), 1652(FFF)[1].

La déshydratation prétendue aberrante du phénylcyclohexylcarbinol rentre donc dans le cadre normal; elle a les caractères d'une déshydratation éthylénique simple.

---

(1) (f) = faible; (m) = moyenne; (F) = forte; (FF) = très forte; (FFF) = la raie la plus intense du spectre Raman.

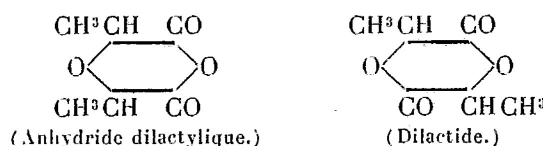
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acides dilactyliques et leur anhydride.* Note de M. **P. Vièles**, présentée par M. Delépine.

Les acides dilactyliques $(d+l)$ et $i$ s'obtiennent facilement à partir de leurs sels de magnésium [Jungfleisch ([1])] ou de leurs amides [Godchot et Vièles ([2])]. Nous avons préparé les acides actifs en saponifiant par la soude normale les amides provenant du dédoublement spontané de la dilactylamide racémique, récemment découvert par M. Godchot et nous-même ([3]). L'amide de pouvoir rotatoire $[\alpha_{5461}^{15}] = 90^{\circ},22$ ([4]) fournit un acide actif de même signe, fondant à 88° :

$$[\alpha_{5461}^{17}] = 126^{\circ},8, \qquad \frac{\alpha_{5780}}{\alpha_{5461}} = 0,883, \qquad \frac{\alpha_{4358}}{\alpha_{5461}} = 1,643$$

(en solution aqueuse de titre 0,0911 et à 17°).

La présente Note a pour objet l'étude de la déshydratation des divers acides dilactyliques et la comparaison des anhydrides obtenus à leurs isomères les dilactides :



(Anhydride dilactylique.) (Dilactide.)

A. Jungfleisch et Godchot ([5]) ont montré que par distillation sous pression réduite l'acide dilactylique fournit l'anhydride. Nous avons réalisé cette déshydratation de trois façons différentes : action de l'anhydride acétique, du chlorure de thionyle et enfin, action de la chaleur, sur les différents acides dilactyliques.

1° *Action de l'anhydride acétique.* — Il a déjà été signalé [Godchot et Vièles ([2])] que l'anhydride acétique réagit sur l'acide $(d+l)$ pour donner l'anhydride correspondant, et non sur l'acide $i$.

L'anhydride $(d+l)$ ainsi obtenu est exempt de produits de pyrogénation et cristallisable après deux distillations (facilement surfusible) :

(1) *Comptes rendus*, **155**, 1912, p. 799.
(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1430.
(3) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **51**, 1932, p. 589.
(4) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 24.
(5) *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 979.

P. F. = 36°, P. $E_{20mm}$ = 108°, $n_{20}^{D}$ = 1,44565, $d_4^{20}$ = 1,2106; Réfraction moléculaire : 31,70 (calculée : 31,30).

Il réagit lentement sur l'eau en régénérant l'acide ($d+l$).

En faisant agir l'anhydride acétique sur l'acide dilactylique lévogyre, nous avons obtenu l'anhydride correspondant qui est dextrogyre :

$$[\alpha_{5461}^{17}] = +18°,7, \quad \frac{\alpha_{5780}}{\alpha_{5461}} = 0,90, \quad \frac{\alpha_{4358}}{\alpha_{5461}} = 1,26$$

(en solution benzénique, de titre 0,0981 à 17°).

2° action du chlorure de thionyle; elle conduit à partir de l'acide ($d+l$) à un mélange d'anhydride et de dichlorure de dilactylile $C^6H^8O^3Cl^2$, $E_{20mm}$ = 85°. Ce dernier n'est qu'en très faible proportion si l'on opère en présence d'un très fort excès de chlorure de thionyle.

Le chlorure de thionyle ne réagit pas sur l'acide *i*-dilactylique.

3° action de la chaleur : lorsque l'on distille sous pression réduite l'acide ($d+l$), il y a d'abord élimination d'eau, puis on recueille l'anhydride. Si l'on chauffe de la même façon l'acide *i*, aucune élimination d'eau ne se produit et l'acide distille à peu près inaltéré à 120° sous 20$^{mm}$.

Distillés sous la pression atmosphérique, les deux acides dilactyliques se décomposent l'un et l'autre en donnant de l'eau, de l'éthanal et de l'anhydride carbonique.

En résumé, il a été impossible par les diverses méthodes utilisées de préparer l'anhydride correspondant à l'acide *i*-dilactylique.

B. La correspondance entre les divers composés dilactyliques et les acides lactiques actifs est la suivante ([1]) :

acide *d*-lactique → *d*-lactate d'éthyle (lévog.) → [par action du ($d+l$) α-bromopropionate d'éthyle sur le *d*-lactate d'éthyle sodé] *d*-dilactylate d'éthyle ([2]) (lévog.) → *d*-dilactylamide (lévog.) → acide *d*-dilactylique (lévog.) → anhydride *d* dilactylique (dextrog.).

C. Nous rapprocherons ces résultats de ceux obtenus par Jungfleisch et Godchot ([3]) dans la déshydratation par estérification de l'acide lactique, qui conduit à partir de l'acide *d*-lactique à l'acide lactyllactique (dextrog.)

---

([1]) La correspondance entre le *d*-lactate d'éthyle et le dilactylate lévogyre avait été signalée déjà par Jungfleisch et Godchot.

([2]) Accompagné de *i*-dilactylate d'éthyle.

([3]) *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 111.

puis au dilactide (lévog.), composés respectivement isomères de l'acide et de l'anhydride dilactylique.

Selon les formules données plus haut, l'anhydride dilactylique et le dilactide peuvent exister l'un et l'autre sous les formes *cis* et *trans*; l'anhydride dilactique *trans* et le dilactide *cis* sont dédoublables. Seules les variétés dédoublables de ces deux isomères sont connues jusqu'à présent et par conséquent l'anhydride dilactylique obtenu par nous est un dérivé *trans* alors que le dialactide est un dérivé *cis*.

Notons enfin que si la transformation de l'acide lactique ($[\alpha_D] = \pm 2°,24$) en dilactide ($[\alpha_D] = \mp 298°$) s'accompagne d'une exaltation considérable du pouvoir rotatoire avec changement de signe, le passage de l'acide lactique à l'anhydride dilactylique ne donne lieu qu'à une faible exaltation sans changement de signe.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la gélification des huiles d'*Aleurites, *dites Huiles de Bois de Chine, par les sels halogénés d'antimoine.* Note de M[lle] **M.-Th. François**, présentée par M. M. Delépine.

De récentes publications de M. S. Sabetay ([1]) et de MM. R. Delaby, S. Sabetay et M.-M. Janot ([2]), ont attiré l'attention des chimistes sur les ressources qu'offre le trichlorure d'antimoine dans l'étude des composés non saturés. J'ai été ainsi amenée à rechercher les indications que ce réactif peut donner quant à la composition des huiles végétales siccatives, huiles constituées, en majeure partie, par les glycérides des acides triéthyléniques de poids moléculaire élevé : l'acide linolénique (huile de Lin) et l'acide β-œléostéarique (huiles d'*Aleurites*, dites huiles de Bois de Chine).

J'ai pu observer les faits suivants :

1° si, dans une solution chloroformique saturée de $Cl^3Sb$, on fait tomber, goutte à goutte, de l'huile de Bois de Chine (huile de Tung : *Aleurites Fordii* Hemsl., ou huile d'Abrasin : *Aleurites montana* Wilson), chaque goutte se gélifie instantanément au seul contact du réactif. Dans les mêmes conditions, l'huile de Bancoulier (*Aleurites moluccana* Willd.) et l'huile de Lin (*Linum usitatissimum* L.) restent fluides.

2° si l'on utilise une solution chloroformique contenant au plus

([1]) S. Sabetay, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 557.

([2]) R. Delaby, S. Sabetay et M.-M. Janot, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 276.

10 pour 100 de $Cl^3Sb$ ou une solution saturée de $Br^3Sb$, on peut obtenir soit un durcissement de l'huile de Bois de Chine à la surface du liquide, soit, si l'on a pris soin d'agiter pendant l'apport de l'huile, une prise en masse plus ou moins rapide de tout le mélange.

3° cette gélification, spécifique des huiles de Tung et d'Abrasin [1], peut être utilisée analytiquement pour identifier ces huiles et même déceler le taux de l'adultération dont elles sont fréquemment l'objet.

Pour déterminer les conditions optima de l'essai, j'ai successivement fait varier la quantité de réactif, sa concentration, la quantité d'huile à ajouter. Il apparaît que, pour obtenir une gélification avec la solution à 5 pour 100 de $Cl^3Sb$, il faut utiliser 6 à 7 gouttes d'huile et attendre 10 à 15 minutes. La concentration de 7 pour 100 du même sel produit la solidification des huiles de Tung avant 1 minute et celle des huiles d'Abrasin entre 2 et 4 minutes (moyen de distinguer ces deux huiles). Enfin, $3^{cm^3}$ de solution à 5 pour 100 ne peuvent être substitués à $2^{cm^3}$ de solution à 7 pour 100. La solution saturée de $Br^3Sb$ ne peut être employée parce qu'elle est instable, celle de $I^3Sb$ est trop peu active.

Ces résultats ont permis de fixer le mode opératoire suivant : à l'aide d'une burette graduée, on verse dans une série de tubes à essai ($12$ à $14^{mm} \times 160^{mm}$) $2^{cm^3}$ d'une solution chloroformique de $Cl^3Sb$ à 10 pour 100, puis, en agitant constamment, on ajoute, avec un compte-gouttes normal, exactement 4 gouttes de l'huile à essayer. Pour les huiles de Tung et d'Abrasin pures, le mélange se colore en brun caramel plus ou moins foncé et la gélification totale est instantanée. Pour des huiles contenant 20 pour 100 d'une huile étrangère (huile d'Arachide, huile de Bancoulier), la prise en masse se produit après 1 ou 2 minutes; pour des huiles contenant 40 pour 100 d'huile adultérante, la gelée apparaît après 10 à 15 minutes; de plus, au lieu de se présenter comme une masse solide qui peut se diviser facilement, le produit obtenu est gluant et adhère aux parois du tube. Il est possible de trouver très rapidement, avec une précision minima de 10 pour 100, le degré de pureté d'une huile en réalisant des mélanges en quantités connues de celle-ci avec une huile d'Arachide (par exemple). Inversement, on peut connaître le taux d'huile de Bois de Chine contenu dans une huile de Lin, même si celui-ci est faible, en enrichissant la matière première à étudier en une huile de Bois de Chine reconnue

---

[1] Il resterait à examiner une autre huile siccative, l'huile de Bois du Japon, *Aleurites cordata* R. Br., usitée seulement dans son pays d'origine; je n'ai pu encore obtenir l'échantillon de graines qui permettrait la préparation d'une huile authentique.

authentique et en déterminant le pourcentage nécessaire à introduire pour obtenir la gélification.

Tous les essais ont été réalisés sur 6 échantillons d'huile d'Abrasin et 12 échantillons d'huile de Tung, les uns industriels, les autres préparés au Laboratoire, à partir de graines authentiques.

Les standolies (huiles épaissies par le chauffage jusqu'à la température dite d'échauffement spontané, puis refroidies brusquement), présentent des caractères correspondant aux matières premières dont elles proviennent. Pour l'étude des mélanges de standolies de Lin et de Bois de Chine, il est bon d'opérer avec 6 gouttes de produit; la gélification d'une standolie de Bois de Chine demande 1 minute, la méthode des mélanges pour reconnaître les coupages s'applique aussi bien qu'aux huiles elles-mêmes.

*Conclusions.* — La gélification des huiles de Bois de Chine par la chaleur ou par l'action de réactifs chimiques (iode, acide nitreux, acide chlorhydrique, chlorure ferrique, chlorure stannique, chlorures de soufre, d'aluminium ou de zinc, etc.) exige un temps variable, parfois assez long (plusieurs heures et même toute une nuit); elle suppose, de plus, la réalisation de conditions opératoires quelquefois assez délicates. La méthode qui utilise la solution chloroformique à 10 pour 100 de $Cl^3Sb$ offre l'avantage d'être rapide et de n'exiger que le matériel habituel des laboratoires en ne présentant aucune difficulté de manipulation; son utilisation en analyse paraît donc souhaitable.

Remarquons enfin que la plupart des différents agents proposés pour la gélification des huiles de Bois de Chine appartient à la série des chlorures métalliques facilement dissociables, mais, si le cation semble jouer un rôle important dans le mécanisme de la transformation, l'anion lui-même n'est pas indifférent, puisque, dans le cas de l'antimoine tout au moins, il influe notablement sur la vitesse du phénomène.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Étude cristallographique du nickelocyanure de baryum.* Note [1] de MM. **H. Brasseur, A. de Rassenfosse** et **J. Piérard**, présentée par M. Perrin.

La comparaison des constantes cristallographiques du platinocyanure de baryum hydraté, $BaPt(CN)^4.4H^2O$, du nickelocyanure pour

(1) Séance du 15 janvier 1934.

lequel on donne la formule, $BaNi(CN)^4.3H^2O$ et du palladocyanure, $BaPd(CN)^4.4H^2O$, à partir des renseignements donnés par Groth ([1]), met en évidence l'isomorphisme probable de ces trois composés. Ces cyanures doubles cristallisent en effet dans le système monoclinique et les caractéristiques cristallographiques, comme le montre le tableau suivant, sont voisines :

| | a | : b : | c | β. |
|---|---|---|---|---|
| $BaPt(CN)^4.4H^2O$............ | 0,8677 | : 1 : | 0,4788 | 103°42′ |
| $BaPd(CN)^4.4H^2O$............ | 0,8534 | : 1 : | 0,4857 | 103.38 |
| $BaNi(CN)^4.3H^2O$............ | 0,8713 | : 1 : | 0,4959 | 104.38 |

Les similitudes observées pour ces trois caractéristiques suggèrent la similitude des formules chimiques et, par suite, l'inexactitude de la formule du nickelocyanure déjà considérée par Groth comme douteuse. Il était intéressant, d'une part, de rechercher par voie directe le nombre des molécules d'eau de cristallisation du nickelocyanure et, d'autre part, de prolonger dans le domaine des distances réticulaires la démonstration de l'isomorphisme observé.

Les cristaux de ce composé ont été préparés en dissolvant en proportions stœchiométriques le cyanure de nickel dans une solution de cyanure de baryum.

L'étude goniométrique de cristaux bien constitués donne :

$$a : b : c = 0{,}8722 : 1 : 0{,}4940; \qquad \beta = 104^\circ 50'.$$

Ces constantes sont voisines de celles données par Handl ([2]) mais concordent mieux avec les valeurs *a*, *b*, *c* déterminées au moyen des rayons X.

En le portant à 120-125° C., on déshydrate le nickelocyanure sans le décomposer de telle sorte que le nombre de molécules d'eau de cristallisation peut se calculer à partir de la perte de poids. La moyenne des nombres de molécules d'eau déterminée par plusieurs essais est de 3,93. En tenant compte des erreurs expérimentales, on peut donc admettre 4 comme nombre définitif et la formule exacte est $BaNi(CN)^4.4H^2O$. L'étude du nickelocyanure de baryum par la méthode du cristal tournant d'angles limités (15°) avec *a*, *b*, *c* comme axes de rotation successifs fournit pour les

([1]) P. Groth, *Chemische Kristallographie*, 1, p. 404.

([2]) A. Handl, *Sitzber. der Akad. der Wiss. Vien*, 32, 1858, p. 246.

constantes réticulaires les valeurs :

$$a = 11{,}715\,\text{Å} \pm 0{,}5 \text{ pour } 100,$$
$$b = 13{,}481\,\text{Å} \pm 0{,}5 \text{ pour } 100,$$
$$c = 6{,}629\,\text{Å} \pm 0{,}5 \text{ pour } 100,$$
$$\beta = 104°50'.$$

Ces valeurs de $a$, $b$, $c$ sont très voisines de celles trouvées précédemment ([1]) pour le $BaPt(CN)^4.4H^2O$, à savoir :

$$a = 11{,}89\,\text{Å} \pm 1 \text{ pour } 100,$$
$$b = 14{,}08\,\text{Å} \pm 1 \text{ pour } 100,$$
$$c = 6{,}54\,\text{Å} \pm 1 \text{ pour } 100,$$
$$\beta = 103°42'.$$

La densité $d$ des cristaux de $BaNi(CN)^4.4H^2O$ a été déterminée par la méthode du picnomètre en utilisant le benzène sec comme liquide de comparaison. On trouve $d = 2{,}383$ à 20°C.

La maille-unité contient donc 4 molécules de ce composé.

Le déchiffrement des radiogrammes montre l'existence d'extinctions systématiques $(hkl)$ pour $h+k+l$ impair et $(hol)$ pour $h$ ou $l$ impair; ces extinctions conduisent au groupe de recouvrement $C_{2h}^6$.

L'étude des intensités qualitatives de réflexion sur un grand nombre de plans réticulaires nous a permis de donner aux coordonnées des atomes de Ba et de Ni les valeurs :

| | $\theta_1$. | $\theta_2$. | $\theta_3$. | $x$. | $y$. | $z$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 Ba......... | 0 | 135° | 90° | 0 | 3/8 | 1/4 |
| 4 Ni......... | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

qui sont identiques aux coordonnées des atomes de Ba et de Pt dans le platinocyanure correspondant.

On peut donc conclure à l'isomorphisme complet du platinocyanure et du nickelocyanure de baryum hydratés.

Il en résulte que les formes des groupes $[Ni(CN)^4]^{--}$ et $[Pt(CN)^4]^{--}$ sont identiques et que leurs dimensions sont peu différentes.

Ces deux groupes sont donc plans, c'est-à-dire que les atomes de Pt et de Ni sont situés aux centres de carrés dont les sommets sont occupés par les groupes (CN).

---

([1]) H. Brasseur et A. de Rassenfosse, *Mém. Soc. Sc. Liége*, 3e série, **18**, p. 1.

GÉOLOGIE. — *Constitution géologique du Massif de Chabrières (Hautes-Alpes).* Note de M. **D. Schneegans.**

Jusqu'ici on admettait, à la suite de E. Haug, que les *klippes* calcaires de Chabrières et de la Pousterle, ces beaux sommets dominant la vallée de la Durance entre Gap et Embrun, étaient les témoins d'une grande nappe issue de la zone du Briançonnais et *supérieure à la nappe du Flysch.* Une telle interprétation ne s'accorde plus avec les observations faite par moi au Sud de la Durance et par M$^{me}$ Gubler-Wahl au Sud de l'Ubaye. Pour déterminer la position tectonique de ces klippes, il convenait d'étudier leurs relations avec les lignes de *cicatrices* qui jalonnent la base de la nappe du Flysch (s. str.). Tel a été le but de plusieurs courses faites en compagnie de M. Gignoux et qui nous ont permis de retrouver aux environs de Réallon les unités tectoniques définies par moi plus au Sud dans le Massif du Morgon. Là, j'ai montré que le coussinet d'écailles mésozoïques (Escouréous) sur lequel repose le Flysch à Helminthoïdes était fait des débris morcelés et étirés de son substratum primitif, décollé à peu près au niveau des gypses triasiques et entraîné dans le gigantesque *écoulement* du Flysch sur son avant-pays. Sur son trajet, la nappe a rencontré les plis de zones plus externes (séries du Chapeau de Gendarme et du Morgon); ceux-ci ont été à leur tour extirpés de leurs racines et poussés en avant. L'épaisse couverture de Flysch noir qui enfermait les noyaux mésozoïques a été amassée au-devant de la vaste nappe. C'est ainsi que sur le front de celle-ci et le long de sa bordure, les terrains mésozoïques fragmentés apparaissent en général, au pied des grands escarpements de Flysch à Helminthoïdes, en cicatrices discontinues séparées de l'autochtone par des paquets de Flysch noir.

Sur la rive droite de la Durance, dans le flanc Sud du Mont Saint-Guillaume, on retrouve une telle disposition. A la base du Flysch à Helminthoïdes sont égrenées des *écailles mésozoïques* principalement calcaires. A la Balme, nous avons pu observer jusqu'à cinq lames de calcaires superposées au Flysch noir. La plupart de ces écailles débutent par des cargneules et des calcaires triasiques; le Lias y fait défaut, le calcaire oolithique et zoogène du Dogger venant s'appliquer directement sur le Trias; les marno-calcaires à *Cancellophycus* du Callovien, les calcaires marmoréens roses ou gris, parfois à jaspes siliceux, du Malm, le Néoco-

mien à *Aptychus* et les Marbres en plaquettes néocrétacés leur succèdent vers le haut. Le laminage a d'ailleurs fait disparaître le plus souvent un ou plusieurs termes de cette série. Exceptionnellement, au-dessus du Clot Bouffier, un noyau de quartzites triasiques est resté emprisonné entre deux lames de calcaires à Diplopores. Ce sont là des faciès « *subbriançonnais* » typiques, identiques à ceux de la cicatrice de Jausiers. Cette *zone d'écailles* se prolonge vers l'Ouest en direction de Réallon. A partir du hameau des Méans elle est en partie masquée par des dépôts superficiels et aboutit au thalweg du torrent de Réallon. Sur le versant gauche s'érigent les pentes escarpées du Flysch à Helminthoïdes. Sur le versant opposé le substratum en écailles de ce dernier a été brusquement relevé et mis à nu par l'érosion. C'est lui qui constitue les *klippes de la Pousterle et de Chabrières*. Au Nord-Ouest, ce champ d'écailles est encadré par le Flysch à Helminthoïdes. Suivant une ligne sinueuse qui remonte le torrent de Réallon jusqu'à hauteur d'Ollieux, passant ensuite sur le versant gauche du torrent de la Gorge et s'élevant graduellement jusqu'au col qui sépare les Parias de la Pousterle, ces écailles et le Flysch noir qui les supporte s'enfouissent sous le manteau uniforme de Flysch à Helminthoïdes.

La *klippe de la Pousterle* présente les faciès subbriançonnais des écailles du flanc Sud du Mont Saint-Guillaume. Il en est de même des lames mésozoïques étalées dans le haut vallon du Martinas. Celles-ci sont coiffées au Sud-Est par un lambeau de Flysch à Helminthoïdes, suivant l'éperon 2212-2233$^{m}$. De l'autre côté de cette croupe s'épanouit la *série de Chabrières*, qui s'élève jusqu'au sommet de cette montagne par une série de compartiments faillés. Le Trias constitue les abrupts ruiniformes qui entourent la crête terminale; les calcaires marmoréens blancs du Jurassique supérieur recouvrent ce Trias, par l'intermédiaire de la célèbre brèche amygdalaire rose du type Marbre de Guillestre. Cette masse calcaire repose sur deux écailles superposées, dont les faciès sont ceux de la klippe de la Pousterle, et qui affleurent sur l'arête Est de Chabrières jusqu'aux Croix de Viandre. Plus bas on rencontre une épaisse masse de Marbres en plaquettes qui appartient à la couverture des écailles mésozoïques *à faciès externe* (série du Morgon). Une de ces écailles avait été reconnue par M. Gignoux [1]; nous en avons retrouvé une autre sur la rive droite du torrent de Réallon, en face du village de ce nom : il y a là des argilolithes rouges du Trias, du

---

(1) M. Gignoux, L. Moret et P. Lory, *Revision de la Feuille Gap au 1/80000e* (*Bull. Carte géol. de France*, 36, n° 187, 1932, p. 10).

Rhétien et un Lias très bien différencié. Toutes ces écailles reposent sur les terres noires autochtones par l'intermédiaire d'un coussinet de Flysch noir.

Le Flysch à Helminthoïdes, élément le plus élevé de la nappe de l'Ubaye-Embrunais, est donc *tectoniquement supérieur aux klippes de Chabrières et de la Pousterle*. Celles-ci constituent une dilatation de la cicatrice de base de la nappe, dans le prolongement axial de l'entassement d'écailles du Morgon. Le fait de rencontrer parmi les terrains de cette cicatrice des séries à faciès quasi briançonnais, comme celle de Chabrières, est un argument de plus pour rattacher le Flysch de l'Embrunais à la zone du Briançonnais.

GÉOLOGIE. — *Sur la radioactivité des sources minérales de Grèce.* Note de M. **Michel Pertessis**, présentée par M. H. Douvillé.

Depuis 1923 j'ai mesuré sur place la radioactivité de la presque totalité des sources minérales de Grèce, ainsi que la radioactivité des gaz dégagés par certaines de ces sources.

Pour ces mesures je me servais d'un *Fontaktoskop* d'Engler et Sieveking, construit par Günther et Tegetmeyer, accompagné d'un récipient spécial pour la mesure de la radioactivité des gaz. Les résultats obtenus, exprimés en milli-micro-curie, sont rapportés à un litre d'eau et ils sont dus à la seule radioactivité de l'eau, car le surcroît de radioactivité, provenant de la radioactivité induite (dans le cas d'une radioactivité appréciable), a été toujours déterminé et soustrait. La décharge naturelle de l'appareil était déterminée au moyen d'eau distillée avant chaque mesure proprement dite. Des trois nombres qui suivent la localité et le nom de chaque source mentionnée ci-dessous, le premier indique la totalité des sels dissous, en grammes par kilogramme d'eau, le second la température en degrés centigrades et le troisième la radioactivité en milli-micro-curie :

Aedipsos (Eubée), source *Thermopotamos* 32,93-78°,2-0,037, source Damarion 33-71°,2-0,066, source de l'Hôtel *Thermæ Sylla* 29,45-34°,5-21,4, source de l'Hôtel *Pigæ* 31,19-56°,5-0,96. Bains d'Eleftérai (Macédoine), source *Anavryoussa* 2,80-41°,5-0,23, source Alexandre-le-Grand 2,70-40°,6-0,20, source *Apollonia* 2,82-40°,8-0,22 Lesbos, source des bains de Thermi 35,48-46°,9-0,29, source des bains de Séra 1,68-39°,7-0,66, source des bains d'Eftalou 5,81-46°,5-5,44, source des bains de Kourdzi

1,76-35°,5-0,11, source de Polychnitos, jaillissant dans le ravin Almyropotamos 11,18-81°,4-2,22, grande source de Polychnitos, jaillissant près du ravin Almyropotamos 11,69-76°,1-0,59. Hypate (Phtiotide), source de l'Établissement thermal 7,70-33°,5-0,040. Kaïafa (Triphyllie), source de l'Établissement thermal 16,52-35°,6-0,66, source Géranion 5,49-27°,4-0,22. Kaména-Vourla (Phtiotide), source de la piscine 10,41-32°,4-75,1. Loutraki (Korinthe), source de l'Établissement thermal de l'État 2,21-31°,3-4,2. Langaza (Macédoine), source de l'Établissement thermal 0,78-39°,2-0,66. Methana (Argolide), source de l'Établissement de l'État 39,23-34°,4-0,39, source de l'Établissement Dima 11,88-41°,2-0,28. Moulin Koniavitis (Phtiotide) 9,85-32°,7-0,96. Nea Apollonia (Chalcidique), source de l'Établissement thermal 1,14-49°,8-0,94, source de l'Établissement byzantin en ruines 0,76-38°,8-1,60. Nigrita (Macédoine), source de l'Établissement thermal 3,49-55°,2-0,29. Pherrai (Thrace), source de l'Établissement thermal 8,38-50°,6-1,96. Platystomo (Phtiotide), source sulfureuse-alcaline de l'Établissement thermal 0,41-33°,6-0,05. Samothrace, source de la piscine 12,70-59°,2-0,18. Sidirocastron (Macédoine), source de l'Établissement thermal 1,71-43°,4-0,55. Smokovo (Thessalie), source Alexandre de l'Établissement thermal 0,30-40°,2-0,14. Thermopyles (Phtiotide), source de l'Établissement thermal 7,83-32°-0,18. Xyno-Nero (Macédoine), source centrale 1,54-14°,2-0,07. Yaltra (Eubée), source de la piscine 29,80-42°,3-0,96.

Comme on le voit, il y a parmi les sources minérales de Grèce quelques-unes dont la radioactivité dépasse 1,3 M. m. C. et qui, par conséquent, peuvent être considérées, au point de vue balnéologique, comme radioactives. Les sources les plus radioactives sont celles de Kaména-Vourla (75,1 M. m. C.) et de l'Hôtel Thermae Sylla à Aedipsos (21,14 M. m. C.), dont le débit s'élève respectivement à $130^{m^3}$ et $150^{m^3}$ par 24 heures. Il est à remarquer que ces deux sources se trouvent dans le golfe d'Eubée, en face l'une de l'autre, l'une sur la côte de la Grèce continentale et l'autre sur celle de l'île d'Eubée.

Outre la radioactivité des eaux, j'ai mesuré la radioactivité des gaz dégagés spontanément sous forme de bulles à travers l'eau de quelques-unes des sources ci-dessus mentionnées. Voici les résultats obtenus, rapportés à $1^{l}$ de gaz à $t = 0°$ et $H = 760^{mm}$ :

| Sources. | Composition chimique des gaz (pour 100). $CO^2$. | $O^2$. | $N^2$. | $H^2S$. | Radioactivité (Milli-micro-Curie) |
|---|---|---|---|---|---|
| Aedipsos (Damarion)....... | 99,5 | 0,1 | 0,4 | – | 3,6 |
| Eftalou (Lesbos)........... | 2.3 | 0,7 | 97,0 | – | 66,6 |
| Hypate..................... | 94,8 | 0,4 | 4,62 | 0,18 | 0,29 |
| Kaména-Vourla............ | 15,1 | 0,5 | 84,4 | – | 414,4 |

Le dégagement des gaz de la source d'Hypate est très abondant, évalué à 500$^{m^3}$ par 24 heures. Celui des autres sources est bien inférieur, allant de quelques litres à quelques mètres cubes pour le même laps de temps. Les gaz très radioactifs de Kaména-Vourla examinés au spectroscope ne montrèrent pas les raies de l'hélium.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la circulation générale de l'air atmosphérique au-dessus de l'Indochine.* Note de M. **Henry Hubert.**

La construction, pour les différentes stations de sondages aérologiques de l'Indochine, de séries de graphiques analogues à ceux que j'ai établis pour Saigon [1], permet d'aborder pour la première fois les grandes lignes de la circulation de l'air atmosphérique au-dessus de notre grande colonie d'Extrême-Orient. Les documents utilisés pour la construction de ces graphiques sont ceux du Service météorologique de l'Indochine.

En restant dans le domaine des faits, mais en éliminant de nombreux détails sur lesquels je me propose de revenir par la suite, on constate que, jusqu'à la limite des observations actuelles (10000 à 13000$^m$ environ), les vents dominants se présentent dans des conditions très comparables lorsqu'il s'agit de stations de même latitude. Ceci se comprend aisément lorsque l'on considère le dessin géographique de la colonie et sa faible extension de l'Est à l'Ouest. C'est ainsi que les renseignements donnés récemment sur les courants aériens en Cochinchine s'appliquent au Cambodge.

Par contre, la circulation de l'air atmosphérique présente des différences notables en fonction de la latitude. Par exemple, les stations situées sous le parallèle d'Hanoï, à 1100$^{km}$ au nord de Saigon (étudié précédemment), présentent les particularités suivantes.

De la seconde quinzaine de mai au début de septembre seulement, un

[1] *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1677.

vent, plus souvent du Sud que de l'Ouest, souffle le long du sol. Il passe à un vent d'Ouest vers 2000$^m$ d'altitude (plus haut par conséquent qu'à Saigon) et se maintient dans cette direction jusque vers 8000$^m$. Ici donc la mousson d'été a, dans sa partie basse, et sur une plus grande hauteur, une direction Sud-Nord plus fréquente qu'à Saigon, comme si les couches inférieures de ce vent subissaient, à partir de cette localité, une déviation vers la gauche. Comme à Saigon, par contre, la période de mousson est encadrée à Hanoï par deux courtes périodes de vent du Sud, qui est une variante de la mousson. Enfin, au-dessus des vents dont il vient d'être question, règne un vent supérieur d'Est.

D'octobre à avril on trouve à Hanoï un vent d'Ouest dont la base se place d'ordinaire entre 2500 et 5000$^m$. C'est le contre-alizé, dévié cette fois vers la droite depuis Saigon. Contrairement à ce qui se passe en Cochinchine, il est susceptible de s'abaisser parfois jusqu'à un millier de mètres de hauteur; exceptionnellement même, il peut descendre jusqu'au sol.

Au-dessous de ce vent d'Ouest, et à son contact immédiat (cas très différent de celui de Saigon), se trouve le vent du Nord (mousson d'hiver = alizé), beaucoup plus développé en altitude au Tonkin qu'en Cochinchine. Enfin, un vent inférieur d'Est alterne dans les couches basses de l'atmosphère avec le vent du Nord.

Le dépouillement des documents se rapportant aux stations situées à des latitudes intermédiaires entre celle d'Hanoï et celle de Saigon (Tourane et Vientiane surtout) met en évidence tous les passages progressifs entre les conditions observées aux extrémités nord et sud de l'Indochine.

Sauf pour le vent inférieur d'Est, souvent associé à l'alizé ou au vent supérieur d'Est, et pour lequel un complément d'information est nécessaire, les quatre autres vents ont bien, par leur durée, leur extension géographique et leur développement en altitude, le caractère de courants aériens. Il est rappelé ici que la limite commune à deux courants superposés est susceptible de varier en altitude de plusieurs kilomètres en moins d'une journée. En outre, lors des changements de saisons, quand un courant vient en remplacer un autre, on observe une période de chevauchement où les deux courants se manifestent alternativement.

Le fait le plus imprévu de la présente étude est la présence en Indochine d'un courant supérieur d'Est. On a vu par ailleurs qu'il se manifeste toute l'année au-dessus de la Cochinchine. Il en est de même pour le Cambodge. Pour le reste de la colonie, il est encore permanent d'avril-mai à octobre. D'octobre à avril, il alterne seulement avec le contre-alizé en Annam

(entre 2000 et 7000$^m$) et il disparaît au Tonkin et dans le Laos septentrional. En d'autres termes, il est superposé à la mousson d'été dans toute l'Indochine, et il s'amincit au contraire en biseau vers le Nord pendant la saison fraîche, entre l'alizé et le contre-alizé, et cesse de se manifester un peu au Sud du 20$^e$ parallèle, lorsque ces deux derniers vents deviennent jointifs.

On notera encore que ce vent d'Est n'a pas les caractères attribués dans les ouvrages classiques au courant équatorial, considéré comme produit par l'inertie relative des masses d'air autour du globe terrestre. En effet il a déjà à sa base une vitesse notable, et celle-ci ne varie pas nécessairement en fonction de l'altitude; de plus, au lieu de se développer quasi indéfiniment en hauteur, il s'insinue, soit entre la mousson d'été et un vent probablement de Nord à Nord-Est du printemps à l'automne, soit, là où il ne disparaît pas, entre l'alizé et le contre-alizé de l'automne au printemps.

La découverte de ce vent d'Est est à rapprocher de celle que j'ai faite autrefois en Afrique Occidentale d'un courant analogue (1), courant que des recherches ultérieures ont montré s'étendre à la totalité de l'Afrique tropicale au nord de l'équateur.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Direction des sources estivales d'atmosphériques*. Note de M. R. Bureau, présentée par M. Ch. Maurain.

Cette Note est relative aux sources d'atmosphériques proches et souvent violentes qui sévissent principalement l'été (2). Je les désignerai ci-après sous le nom de *sources estivales* pour les distinguer des *sources nocturnes* qui se manifestent à peu près toute l'année dans des directions et à des heures régulières et qui sont attribuables à des foyers continentaux et très lointains (foyers africains au début de la nuit; foyers américains ensuite) (3).

I. A l'opposé de ce que l'on constate pour les atmosphériques nocturnes, il n'y a qu'une relation assez vague entre les directions et les heures d'apparition des sources estivales, ce qui ne saurait surprendre si l'on considère que les dernières sont beaucoup plus proches et que les atmosphériques qu'on en reçoit n'ont guère été modifiés par la propagation. Par contre, la

(1) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1881; 155, 1913, p. 627.

(2) Résultats obtenus à Saint-Cyr, en 1933, sur l'onde de fréquence 27 kc/s (11000$^m$).

(3) Voir R. Bureau, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 170, et 194, 1932, p. 2073.

direction des principales sources estivales coïncide toujours avec celle de systèmes orageux ou de fronts froids, tandis que, dans les directions vierges d'atmosphériques, on peut vérifier l'absence de toute perturbation météorologique importante de cette nature dans un rayon d'au moins $1000^{km}$.

II. Les sources estivales peuvent être classées d'après leur variation diurne. On distingue :

*a*. des sources périodiques (maximum d'après-midi) dont la direction est à peu près fixe au cours d'une même journée; cette direction coïncide avec celle de perturbations météorologiques qui ont acquis un caractère orageux sur le continent, mais d'où ne parvenaient pas d'atmosphériques auparavant. On trouve presque toutes les sources périodiques à l'Est de la ligne Nord-Est-Sud-Ouest (exemple *fig*. 1);

*b*. des sources n'accusant pas de périodicité diurne régulière et dont la

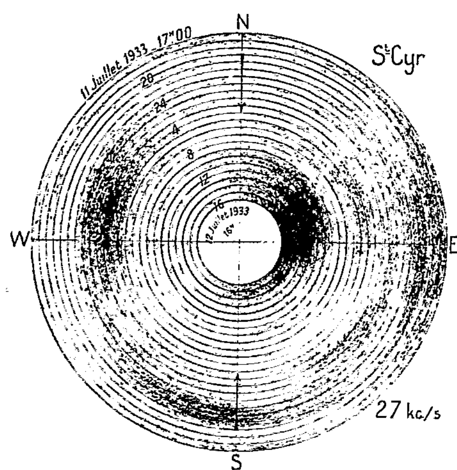


Fig. 1.

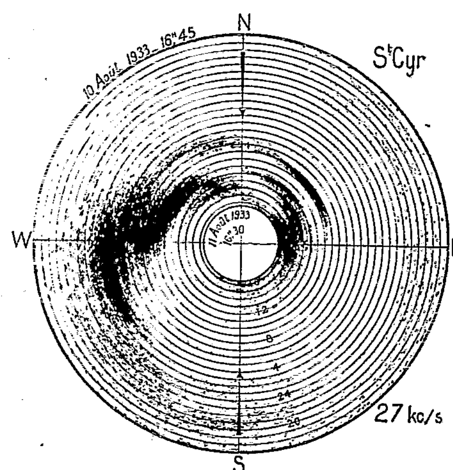


Fig. 2.

direction est rapidement variable. Elles accompagnent des perturbations météorologiques à allure de front froid dont elles signalent le passage de l'Ouest à l'Est, soit par le Nord, soit par le Sud (exemple *fig*. 2);

*c*. des sources présentant un caractère intermédiaire entre les deux catégories précédentes.

III. Ainsi, certains foyers d'atmosphériques exigent pour se développer l'influence simultanée de la perturbation météorologique, du continent et de l'heure (cas *a*). D'autres sont liés étroitement à la perturbation météorologique et se déplacent rapidement avec elle (cas *b*), quelle que soit l'heure et quel que soit le parcours (terrestre ou maritime).

Ceci confirme la classification entre atmosphériques stagnants (cas *a*) et *migrateurs* (cas *b*) que j'ai proposée autrefois ([1]), la troisième catégorie prévue dans cette classification (atmosphériques *nocturnes*) correspondant aux sources lointaines.

IV. Les deux figures ci-contre sont la réduction de diagrammes de l'enregistreur déjà décrit ([2]) (perfectionnements apportés : depuis octobre 1932, emploi de deux cadres perpendiculaires et lever de doute; depuis juin 1933, suppression des relais et opposition potentiométrique des courants). Les diagrammes sont explorés hélicoïdalement par une lampe à lueur, du bord vers le centre, en 24 heures, à la vitesse de 10 tours par minute. Les cercles horaires sont inscrits par cette lampe à lueur qui reste allumée pendant deux tours à chaque heure ronde. Les flèches portées sur les figures indiquent la durée de la nuit. Sur la figure 1, on distingue les deux sources nocturnes régulières vers le Sud-Sud-Ouest au début de la nuit (sources africaines) et vers l'Ouest-Nord-Ouest à la fin (sources américaines) et deux groupes principaux de sources estivales vers l'Est et vers l'Est-Nord-Est (sources européennes). Sur la figure 2, des sources sans variation diurne sont en rotation rapide de l'Ouest-Sud-Ouest au Nord-Est par le Nord.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à la Station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier* 1934. Note de MM. **L. Éblé** et **G. Gibault**, présentée par M. Ch. Maurain.

De même que les années précédentes, les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier sont déduites de toutes les valeurs horaires enregistrées au cours des mois de décembre et janvier. Les variations séculaires sont relatives à la période écoulée du 1er janvier 1933 au 1er janvier 1934; elles présentent le même caractère que l'année précédente : encore faibles pour les éléments qui ne dépendent pas de la déclinaison.

---

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2073.
([2]) R. Bureau, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 529.

*Valeurs absolues et variations séculaires des éléments magnétiques à la Station du Val-Joyeux.*
(Latitude, 48°49′16″; longitude, 2°0′52″ E Gr.)

| | Valeurs absolues pour l'époque 1934,0. | Variations séculaires. |
|---|---|---|
| Déclinaison | 10°22′,5 | −10′,0 |
| Inclinaison | 64°44′,3 | + 0′,2 |
| Composante horizontale | 0,19642 | +0,00005 |
| » verticale | 0,41624 | +0,00017 |
| » Nord | 0,19321 | +0,00015 |
| » Ouest | 0,03537 | −0,00056 |
| Force totale | 0,46026 | +0,00018 |

GÉOPHYSIQUE. — *Remarques théoriques sur la distribution de l'ozone dans l'atmosphère.* Note [1] de M. **D. Barbier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. On sait que la méthode de Fabry et Buisson permet d'obtenir la quantité totale d'ozone qu'a rencontré un rayon lumineux provenant du Soleil. Soit $N(\varphi)$ cette quantité en appelant $\varphi$ la distance zénithale du Soleil. On a

$$N(\varphi)=\int_R^\infty \frac{r\rho(r)\,dr}{\sqrt{r^2-R^2\sin^2\varphi}}, \tag{1}$$

R est le rayon terrestre, $r$ la distance d'un point du rayon lumineux au centre de la Terre et $\rho(r)$ la quantité d'ozone en chaque point de l'atmosphère. On se propose connaissant $N(\varphi)$ de déterminer $\rho(r)$.

Mineur [2] a montré que, si l'équation (1) admet une solution continue, celle-ci est unique, mais il n'est pas évident qu'il y ait de solutions continues. D'autre part Chalonge [3] a montré, en utilisant des distributions discontinues, que le problème est physiquement indéterminé, ou tout au moins très mal déterminé. Nous allons ici essayer d'apporter quelques précisions à ce sujet.

2. Depuis longtemps, on a reconnu que les mesures se laissaient assez bien représenter par

$$N(\varphi)=\frac{\varepsilon D}{\sqrt{D^2-R^2\sin^2\varphi}}, \tag{2}$$

où $\varepsilon$ est la quantité totale d'ozone. On a interprété cette formule en suppo-

---

[1] Séance du 19 février 1934.
[2] *Journal de Physique*, 7e série, 3, 1932, p. 145.
[3] *Journal de Physique*, 7e série, 3, 1932, p. 21.

sant tout l'ozone réuni dans une couche mince située à la distance D du centre de la Terre.

*Nous avons montré qu'avec cette expression pour* N(φ) *l'équation* (1) *n'admet pas de solutions continues. On peut cependant trouver des fonctions continues* ρ(*r*) *telles que* (1) *diffère aussi peu qu'on le voudra de* (2) *et en particulier d'une quantité moindre que les erreurs d'observations.* Ces solutions sont dites *d'approximation en moyenne* dans la théorie des équations intégrales. On obtiendra une telle solution en prenant :

$$\rho(r) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(r-D)^2}{2\sigma^2}}.$$

On démontre sans peine que lorsque σ tend vers zéro, (1) tend vers (2). Il suffira donc de prendre σ assez petit pour satisfaire aux observations.

3. Nous avons établi une méthode pour déterminer de telles solutions dans le cas général où N(φ) n'est plus donné par (2). *On trouve pour* ρ(*r*) *un développement de Charlier du type* A, c'est-à-dire de la forme

$$\rho(r) = F(r) + A_3 F'''(r) + A_4 F^{IV}(r) + \ldots$$

avec

$$F(r) = \frac{\varepsilon}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(r-b)^2}{2\sigma^2}}.$$

Si N(φ) se réduit à son expression (2), on ne peut déterminer que *b* qui est égal à D, c'est-à-dire que *la hauteur moyenne (ou centre de gravité) de la distribution d'ozone est précisément l'altitude de la couche mince représentative.* On trouve en outre pour chaque altitude une limite de σ (pour $50^{km}$, $\sigma < 20$). Les observations anciennes se laissent toujours représenter par (2), il n'en est plus de même des observations récentes de Gauzit [1]. Celui-ci les a interprétées par la superposition d'une couche mince d'altitude *h* et d'une dilution uniforme dans l'atmosphère. D'après ce schéma, la quantité d'ozone devrait diminuer lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère, ce qui est contraire à la réalité [2]. Nous préférons utiliser une distribution continue en la limitant à son premier terme. On trouve

| Date | 18 août. | 23 août. | 28 août. |
|---|---|---|---|
| $b - R$ | 17,6 | 18,2 | 44,8 |
| σ | 9,5 | 11,7 | 15,6 |

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 492.

(2) Götz et Maier Leibnitz, *Zeitschrift für Geophysik*, **9**, 1933, p. 253, et Chalongé, Vassy et Barbier, *Bull. Soc. Phys.*, 3, 1933, p. 155 S.

*La dispersion de l'ozone est assez grande et croît lorsque l'altitude moyenne de la distribution augmente.* — La faible valeur des altitudes trouvées par Gauzit est à remarquer.

4. Pour obtenir une bonne représentation de $\rho(r)$, il faudrait déterminer ses trois premiers termes. Ceci nécessiterait des observations au moins mille fois plus précises, ce qui est impossible à réaliser. On peut songer à utiliser les conditions au sol pour contribuer à la connaissance de $\rho(r)$. En réduisant cette fonction à son premier terme, on trouve qu'avec une altitude moyenne de $50^{km}$ on ne peut satisfaire aux mesures effectuées au sol. Au contraire, les deux premières séries de Gauzit donnent des nombres acceptables. Ceci nous conduirait à supposer la distribution fortement dissymétrique et d'autant plus dissymétrique que son altitude moyenne serait plus élevée.

5. Nous avons également entrepris l'étude théorique de la méthode de Cabannes et Dufay. Il semble que dans ce cas on puisse déterminer $\sigma$ ou tout au moins une relation entre $\sigma$ et la hauteur moyenne de la distribution.

PALÉOBOTANIQUE. — *Caractères du* Grammatopteris Rigolloti *B. Renault.* Note de M. **Paul Corsin**, présentée par M. Ch. Barrois.

Le genre *Grammatopteris* a été créé en 1891 par B. Renault (¹) pour un échantillon silicifié provenant du Permien d'Autun (étage de Millery). Cet échantillon montre, en section transversale, un stipe entouré de pétioles nombreux; c'est le type de l'espèce *Grammatopteris Rigolloti* Renault. En 1896, Renault (²) figura de nouveau l'échantillon type et en même temps un second échantillon de même origine qui paraît appartenir à la même espèce. Les descriptions originales de Renault sont assez sommaires. D'après cet auteur, le cylindre central est « plein et homogène », les faisceaux vasculaires ont la forme d'un « trait droit et épais » et le cycle foliaire est 2/15.

Une deuxième espèce fondée sur un échantillon provenant de Chemnitz a été décrite en détail en 1932 par B. Sahni (³) sous le nom de *Gr. Baldaufi*. Nous pensons qu'il est nécessaire de préciser également les caractères du

(¹) *Soc. d'Hist. Nat. Autun*, 4, 1891, p. 362.
(²) *Flore fossile*, 2ᵉ partie, IV, 1896, p. 45-47.
(³) *Annals of Botany*, 46, nº 184, 1932, p. 863-877.

*Grammatopteris Rigolloti*. La lame mince prélevée sur l'échantillon type de Renault m'a permis de faire quelques observations précises.

I. *Différentes régions du stipe*. — La section transversale du stipe offre les régions suivantes :

*a*. Au centre le *cylindre libéro-ligneux* d'assez petit diamètre ($0^{cm},5$), de contour grossièrement circulaire. On y distingue la masse ligneuse primaire centrale (métaxylème) non homogène, mais formée de petits et de gros éléments intimement mêlés, dont les ornements sont des ponctuations aréolées multisériées. Les pointements de protoxylème (éléments spiralés) sont disposés à la périphérie du cylindre primaire. Une couronne de bois secondaire (mêmes ornements que le métaxylème primaire) assez irrégulière entoure le bois primaire. Le liber qui formait une auréole autour du bois est presque partout détruit, il est très peu visible.

*b*. *L'écorce* ($3^{cm}$ d'épaisseur) composée de trois zones : 1° une zone interne parenchymateuse, assez épaisse, dans laquelle se trouvent de nombreuses traces foliaires. Son contour extérieur est ondulé, chaque saillie correspondant à un pétiole en train de s'individualiser; 2° l'écorce moyenne sclérifiée, peu épaisse, qui par places se confond avec l'écorce des pétioles voisins. Elle se compose en réalité d'un parenchyme dans lequel sont noyés des îlots scléreux. C'est la gaine mécanique de soutien; 3° l'écorce externe parenchymateuse unissant les pétioles entièrement individualisés.

*c*. Enfin, entourant la tige, la *gaine de pétioles* libres entre lesquels circulent de nombreuses racines.

On peut conclure de ce qui précède que le stipe de *Grammatopteris Rigolloti* était dressé à la manière de ceux des Osmondacées permiennes et actuelles.

II. *Traces foliaires*. — Les traces foliaires prennent naissance aux dépens du bois primaire du cylindre central; elles traversent le bois secondaire dans lequel elles ont un contour arrondi ou ovoïde, puis elles deviennent libres dans l'écorce interne. A ce niveau chaque trace a, en section transversale, la forme d'un rectangle allongé tangentiellement; les pointements de protoxylème occupent les deux angles antérieurs du rectangle.

III. *Pétioles et faisceaux pétiolaires*. — Le contour général des pétioles est arrondi; on distingue dans chacun d'eux au centre, le faisceau, puis autour le parenchyme fondamental qui est le prolongement du parenchyme cortical du stipe; enfin, vers l'extérieur, une zone sclérifiée qui fait suite à l'écorce moyenne du stipe.

Les faisceaux pétiolaires ont d'abord la forme de rectangles allongés

tangentiellement. Ils s'étirent de plus en plus à mesure qu'on s'éloigne du cylindre ligneux. Les deux pointements de protoxylème qui étaient situés aux angles antérieurs dans les traces foliaires acquièrent une position nettement adaxiale (face interne des faisceaux). La différenciation ligneuse est donc centrifuge et tangentielle.

IV. *Émission des faisceaux destinés aux pétioles secondaires.* — Lorsqu'une sortie destinée à un pétiole secondaire se prépare, on voit chaque zone de protoxylème s'étendre le long du métaxylème qui prolifère aussi; puis le massif de petits éléments se divise en deux pointements. Le pointement extérieur, avec la partie du métaxylème situé derrière, se détache peu à peu de la masse du faisceau principal dont il est séparé par un sinus de plus en plus large. *Ce mode de ramification rappelle à notre avis les Anachoroptéridées*, c'est donc à côté de cette famille qu'il convient de placer le *Grammatopteris Rigolloti.*

V. Le cycle phyllotaxique est de 2/9 et non de 2/15 comme le pensait Renault.

BOTANIQUE. — *Différents modes d'épaississement de la membrane chez les plantes vasculaires.* Note de M. **André Dauphiné**, présentée par M. Molliard.

La présente Note a pour objet de préciser un certain nombre de faits morphologiquement et microchimiquement observables concernant l'accroissement en épaisseur des membranes et de mettre en évidence deux modes bien caractérisés suivant lesquels peut s'effectuer cet accroissement.

Sur un grand nombre d'exemples, j'ai suivi la formation de l'épaississement à partir de jeunes cellules à membranes minces en employant comparativement ou simultanément les réactifs de Mangin, rouge de ruthénium pour la pectose, acide iodhydrique fumant iodé pour la cellulose, ainsi que la lumière polarisée. La plupart de mes observations ont été faites sur des tissus frais, sans fixations ni action de l'hypochlorite de soude qui peuvent modifier l'aspect et la composition des membranes.

Les deux modes que j'ai dû distinguer dans l'accroissement en épaisseur des membranes correspondent chacun à des conditions différentes dans lesquelles ils s'effectuent. Pour tous deux, le point de départ est une jeune membrane constituée par une lamelle moyenne pectique revêtue sur ses

deux faces d'une mince couche de cellulose, celle-ci correspondant à la couche primaire de certains auteurs.

Un premier mode d'épaississement paraît commun à tous les éléments chez lesquels l'épaississement est précoce et s'effectue en même temps que leur accroissement général; ce mode concerne en particulier les parenchymes et les collenchymes. Il consiste en une augmentation de volume de la lamelle moyenne qui repousse vers le centre de la cellule la couche primaire qui demeure parfaitement nette. La partie de la membrane comprise entre la lamelle moyenne primitive et la couche primaire présente à la fois les réactions de la pectose et de la cellulose : par exemple, dans un collenchyme tel que celui du pétiole de Lierre, en voie d'accroissement, la réaction pectique domine dans la partie externe de la membrane de chaque élément, la réaction de la cellulose dans la partie interne. En employant concurremment le rouge de ruthénium et l'acide iodhydrique fumant iodé, j'ai obtenu des doubles colorations particulièrement instructives montrant, entre ces deux zones, une teinte brune violacée correspondant à la superposition des deux réactions. Ainsi que je l'ai montré précédemment pour les collenchymes [1], l'eau d'imbibition joue un rôle important dans l'augmentation de volume de cette partie de la membrane pecto-cellulosique.

Dans un deuxième cas, les premiers symptômes appréciables de l'épaississement de la membrane n'apparaissent que lorsque les éléments ont atteint au moins en majeure partie leur taille définitive. Ici, le mode d'épaississement diffère profondément de celui que je viens de décrire : la couche primaire reste étroitement accolée à la lamelle moyenne primitive et l'épaississement résulte d'une apposition de couches cellulosiques sur sa face interne. Ce cas se rencontre notamment chez les fibres, qu'elles demeurent cellulosiques ou qu'elles soient ultérieurement lignifiées; il peut également s'observer dans certains parenchymes à membranes épaissies et lignifiées.

Un fait met particulièrement en relief la profonde différence qui existe entre ces deux modes d'accroissement : alors que, dans le premier, l'ensemble de la membrane épaissie forme une masse indissociable, dans le deuxième, la masse d'épaississement secondaire apposée contre la couche primaire peut en être détachée par des causes purement mécaniques : par exemple, lorsque les coupes sont pratiquées dans des organes frais.

---

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 169.

De plus, les épaississements du premier type sont limités à un certain maximum, les cellules conservant toujours une cavité appréciable; dans le second type, l'épaississement s'accroît parfois jusqu'à remplir presque complètement la cavité cellulaire, ce qui s'observe, comme on le sait, dans de nombreuses fibres.

J'ai établi précédemment (¹) un certain nombre de faits qui permettent d'admettre la présence de matières protéiques dans la lamelle moyenne des cellules en voie de croissance; d'autre part, j'ai constaté (²) que la structure des ponctuations intercellulaires permet un contact intime entre le cytoplasme et les parties profondes de la membrane, Cet ensemble de faits permet de concevoir les épaississements du premier type comme résultant d'une croissance propre de la membrane primitive due à des phénomènes comparables à des phénomènes de nutrition; dans le second type, l'épaississement serait indépendant de la membrane primitive : il résulterait uniquement d'une activité périphérique du cytoplasme.

L'étude de certaines fibres telles que celles du Lin permet de constater que la formation de cellulose à la périphérie du cytoplasme s'accompagne d'une usure progressive de ce dernier qui diminue de volume à mesure que s'accroît la membrane et finit par disparaître quand les couches successives de cellulose tendent à obturer la cavité cellulaire.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la transpiration du blé en fonction des facteurs du climat.* Note de MM. **Luigi Manzoni** et **Agostino Puppo**, présentée par M. L. Mangin.

Nous exposons ici les résultats des essais que nous avons effectués à Conegliano (*R. Scuola di Viticoltura ed Enologia*) dans le but de déterminer : *a*. la quantité d'eau transpirée par le blé pendant la période de végétation; *b*. les relations statistiques entre les valeurs de la transpiration journalière et celles des facteurs du climat.

Le blé (Mentana, Strampelli) fut semé (15 novembre 1932) en pots métalliques clos, dans un terrain sableux. Les plantes sortaient des pots par de petits tuyaux : toute évaporation du terrain était empêchée par une couche de mercure. D'autres tuyaux permettaient l'introduction et la

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1738.
(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1147.

décharge de l'eau et des solutions nutritives. Les pots étaient conservés dans des conditions semblables à celles du plein champ; seulement ils étaient protégés, pendant les pluies, par des écrans. On calcula tous les jours, à $7^h$ du soir, la perte d'eau par pesage (sensibilité $25^{mg}$). L'humidité du terrain était gardée constante (env. 22 pour 100). On laissa développer seulement le chaume principal : le développement des plantes résulta tout à fait normal, ainsi que le nombre et le poids des caryopsides. Tous les huit jours on calcula (par impression photographique et détermination de l'aire au planimètre) la superficie de plantes, choisies de sorte qu'elles représentaient les conditions moyennes d'accroissements de celles sous essai. On obtenait ainsi l'aire d'un seul limbe foliaire; et à celle-ci nous nous rapporterons dans tout ce qui suit.

Les facteurs météorologiques pris en considération ont été : température de l'air (sous abris), humidité relative (sous abris), radiation globale (solarigraphe Gorczynski), vitesse du vent (anémographe Richard), hauteur de pluie (pluviographe Palazzo), évaporation (évaporographe Puppo, sous abris).

Les mesures couvrent une période de 203 jours (1er déc. : germination, à 21 juin : récolte).

*Valeurs finales moyennes.* — Une plante transpira, pendant toute la période de la végétation, $1160^g,6$ d'eau. Chaque épi donna 62 caryopsides, d'un poids sec total de $2^g,457$. La quantité d'eau consommée par gramme de substance sèche (caryopsides) se trouva ainsi égale à $472^g,4$.

*La transpiration en fonction des facteurs du climat.* — Les déterminations statistiques ont été interrompues au 185e jour (3 juin), c'est-à-dire lorsque, à cause du dessèchement du chaume, la transpiration commença à tomber considérablement, indépendamment des éléments météorologiques. Les valeurs de la transpiration introduites dans les calculs se rapportent à l'unité de superficie ($dm^2$). Voici les coefficients de corrélation totale que nous avons trouvés, en utilisant les 185 séries d'observations : coefficient entre transpiration journalière par $dm^2$, $y$, et :

| | |
|---|---|
| Température ........................ | $r_{yT} = +0,660$ |
| Humidité relative .................... | $r_{yH} = -0,538$ |
| Radiation globale ................... | $r_{yQ} = +0,882$ |
| Hauteur de pluie ..................... | $r_{yP} = -0,280$ |
| Vitesse du vent ...................... | $r_{yV} = +0,018$ |
| Évaporation .......................... | $r_{yE} = +0,796$ |

Le coefficient de corrélation avec la radiation a une valeur particulière-

ment élevée : cela montre que, au moins dans les limites de nos essais, la mesure de la seule radiation est suffisante pour calculer, avec une certaine approximation, la valeur de la transpiration. L'équation de régression entre transpiration et radiation est

$$y = 0{,}029\,Q + 1{,}72$$

($y$ en $g.dm^{-2}$; Q en $cg.cm^{-2}$).

Les diagrammes que nous avons dressés montrent l'accord remarquable entre la transpiration ainsi calculée et celle observée. L'écart moyen quadratique relatif entre les valeurs calculées et celles observées est seulement du 28 pour 100. Les diagrammes montrent que la plante jeune a une sensibilité plus élevée que la plante adulte : en effet les variations dans la transpiration observée jusqu'à 50 jours de la germination à peu près, sont bien plus remarquables que celles de la transpiration calculée. Le coefficient de corrélation avec la vitesse du vent est très petit et montre (au moins dans nos conditions expérimentales) le rôle presque négligeable du vent dans la transpiration. Ce fait est confirmé en plein par d'autres essais en cours d'exécution.

Les éléments météorologiques étant liés entre eux, nous avons calculé aussi les coefficients de corrélation du troisième ordre, entre transpiration et température, humidité, radiation, hauteur de pluie. Voici les valeurs obtenues : transpiration en $g.dm^{-2}$ et :

| | |
|---|---|
| Température | $r_{yT,HQP} = +\,0{,}446$ |
| Humidité relative | $r_{yH,TQP} = -\,0{,}109$ |
| Radiation globale | $r_{yQ,THP} = +\,0{,}659$ |
| Hauteur de pluie | $r_{yP,THQ} = -\,0{,}295$ |

L'accord prépondérant avec la radiation est encore très évident. De ces coefficients l'on tire l'équation

$$y = 3{,}98 - 0{,}032\,H + 0{,}291\,T + 0{,}021\,Q - 0{,}119\,P$$

($y$ en $g.dm^{-2}$; H en centièmes; T en degrés C.; Q en $cg.cm^{-2}$; P en mm). L'écart moyen quadratique relatif entre les valeurs calculées employant cette équation et celles observées est égal à 25 pour 100. Comme l'on voit, l'introduction des variables température, humidité, pluie, améliore d'une façon presque négligeable la concordance entre calcul et observation, par rapport aux résultats obtenus en considérant la seule radiation globale.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Une nouvelle rouille du Caféier au Cameroun.* Note de MM. **A. Maublanc** et **L. Roger**, présentée par M. Viala.

Le Laboratoire de Pathologie végétale de l'Institut national d'Agronomie coloniale a reçu à plusieurs reprises des feuilles de *Coffea arabica* fortement attaquées par une rouille, provenant de la région de Dschang et de Bafang (Cameroun). Le seul Champignon de ce groupe connu jusqu'ici sur les espèces du genre *Coffea* est l'*Hemileia vastatrix* Berk. et Br., parasite redoutable répandu dans toute la région indomalaise, les îles du Pacifique et signalé en plusieurs localités de l'est et du centre africain. On aurait pu songer à une extension de cette espèce dans l'ouest-africain, région jusqu'alors indemne.

Cependant l'examen des échantillons reçus a montré qu'il n'y a pas identité entre le champignon du Cameroun et l'*Hemileia vastatrix* dont nous avons pu voir des matériaux abondants de diverses provenances (Tonkin, Java, Philippines, îles Samoa, la Réunion, Madagascar, Afrique orientale). Déjà l'aspect extérieur montre de notables différences : les feuilles attaquées par l'*Hemileia vastatrix* portent toujours des taches diffuses, décolorées, arrondies ou sinueuses par confluence, tandis qu'au Cameroun l'attaque s'étend à tout le limbe et même à toutes les feuilles développées d'un même rameau, la face inférieure étant entièrement couverte d'une abondante poussière d'urédospores orangées.

Chez l'*H. vastatrix*, le mycélium, très abondant dans les tissus, est formé de filaments tortueux, très ramifiés, d'un diamètre constant de $5^{\mu}$ environ, envoyant dans les cellules, par un pédicelle filiforme, de nombreux suçoirs ovalaires, simples, de $7 \times 5^{\mu}$. Dans les feuilles de Caféier du Cameroun les filaments sont peu abondants, raides, souvent presque rectilignes, simples, et s'enfoncent perpendiculairement à la surface dans le parenchyme lacuneux sans pénétrer le tissu palissadique; les suçoirs sont volumineux, arrivant même à combler la cavité cellulaire d'une masse fortement et irrégulièrement lobée, et sont surtout abondants dans la partie profonde du mésophylle.

Les urédospores de l'espèce *vastatrix* naissent en touffes au sommet de filaments qui sortent en bouquet par l'ostiole d'un stomate et se relient à un peloton de filaments grêles occupant la chambre sous-stomatique. Il en est tout autrement pour le parasite du Cameroun : un ou plusieurs filaments se dirigent vers l'ostiole d'un stomate en se renflant progressivement et

forment une série d'articles vésiculeux de grande taille (20 à 30$^{\mu}$) sans jamais constituer de peloton; une ou plusieurs vésicules situées sous le stomate envoient à travers l'ostiole des prolongements en doigt de gant qui, soit au niveau des cellules stomatiques, soit à l'extérieur des tissus se ramifient en une sorte de capitule de stérigmates serrés portant les spores.

Les urédospores sont également différentes dans les deux types; celles de l'*H. vastatrix,* qui ne semblent pas avoir été décrites minutieusement, sont de forme très variée par compression mutuelle, souvent en tranche de citron ou en pyramide tronquée, et mesurent 27 à 35$^{\mu}$ de longueur sur 12 à 22$^{\mu}$ de largeur; alors que leurs parties en contact restent lisses, les parties libres sont ornées de petits aiguillons, grêles, hauts de 3 à 4$^{\mu}$, assez irrégulièrement répartis; la limite entre les plages lisses et les plages ornementées est marquée par une bande d'aiguillons très serrés, souvent contigus par leur base. L'espèce du Cameroun a des urédospores de forme moins variée, soit largement ovales, soit presque triangulaire, quelquefois un peu réniformes, sensiblement plus courtes (24-32$^{\mu}$) et notablement plus larges (18-26$^{\mu}$) que les premières; les plages ornementées portent de gros aiguillons coniques, presque aussi larges à la base que hauts (3-5$^{\mu}$), répartis assez régulièrement et disparaissant au bord de la plage sans jamais former de bande d'aiguillons serrés; les zones lisses sont assez restreintes et le plus souvent localisées à la base de la spore.

En somme la rouille du Caféier du Cameroun est nettement distincte de l'*Hemileia vastatrix*, tant par ses symptômes extérieurs que par son anatomie (mycélium, suçoirs et spores); ce sont là des caractères d'une grande importance pour un groupe aussi évolué que celui des Pucciniales, d'autant que nous avons pu nous assurer de leur constance par l'examen de matériaux récoltés à des dates différentes et dans plusieurs stations. Nous sommes donc amenés à décrire cette espèce comme nouvelle sous le nom provisoire d'*Uredo coffeicola*. Il s'agit sans doute d'un *Hemileia*, mais il nous est impossible de l'affirmer en l'absence de téleutospores, d'autant que certains caractères, comme la formation de grosses vésicules sous les stomates, n'existent à notre connaissance chez aucun *Hemileia*.

Bien que nous n'ayons aucun renseignement précis sur les dégâts causés par l'*Uredo coffeicola*, il est certain que c'est un parasite dangereux; l'extension des taches à tout le limbe foliaire ne permet guère d'en douter. Quant à l'origine de cette invasion, elle ne peut actuellement faire l'objet que d'hypothèses; on peut notamment penser au passage sur *Coffea arabica* d'un parasite de *Coffea* spontanés existant dans la région.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Sur la sexualisation cytoplasmique chez les Levures à conjugaison hétérogamique.* Note [1] de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. d'Arsonval.

Le matériel étudié provient de souches que M. Guilliermond a eu l'obligeance de nous procurer.

I. *Nadsonia fulvescens.* — Cette Levure présente une hétérogamie nette. Le microgamète est de plus faible taille, son contenu pénètre dans le macrogamète par l'intermédiaire d'un petit canal de copulation. Nadson et Konokotine [2] ont donné une excellente description du phénomène de la conjugaison dans cette espèce.

Conformément à la méthode que nous avons décrite dans nos publications antérieures, nous avons soumis des cultures de *Nadsonia fulvescens* à l'action d'un leucodérivé; la Levure étant placée entre lame et lamelle, l'action du réactif étant suivie au microscope.

Le leucodérivé du bleu de Nil pénètre dans les gamètes en conjugaison. Il subit un phénomène d'oxydation de la part du cytoplasme. Le mécanisme de la coloration cytoplasmique qui exprime cette oxydation comprend deux étapes :

*Première étape.* — C'est au niveau des éléments du chondriome, représentés ici par de fines baguettes, que s'effectue, tout d'abord, l'oxydation. Une coloration d'abord verte qui se rapproche, graduellement, assez vite, du bleu apparaît sur les chondriocontes et met nettement en évidence l'appareil mitochondrial. Cette première étape dure assez longtemps pour permettre aisément les deux constatations suivantes : *a*. le chondriome du microgamète se colore plus rapidement et d'une façon plus intense que le chondriome du macrogamète, ce fait montre que le chondriome mâle a un pouvoir oxydant plus élevé que celui du chondriome femelle; *b*. la masse du chondriome mâle paraît relativement plus importante, par rapport aux autres constituants cytoplasmiques du microgamète, que celle du chondriome femelle par rapport aux autres constituants cytoplasmiques du macrogamète. La sexualisation du chondriome est donc, chez *Nadsonia fulvescens*, analogue à celle qui a été décrite chez *Pythium* de *Baryanum*,

---

(1) Séance du 5 mars 1934.

(2) *Ann. Sc. nat. Botanique*, 8, 1926, p. 165.

*Schizosaccharomyces octosporus*, *Saccharomycodes Ludwigii* et chez les Sporozoaires ([1]).

*Deuxième étape.* — Dans la suite de la réaction, on constate que la coloration ne reste pas localisée aux éléments du chondriome; une coloration globale du cytoplasme apparaît. Le cytoplasme mâle se colore d'une façon plus rapide et plus intense que le cytoplasme femelle. Le microgamète se trouve coloré en vert intense ou en bleu, alors que le macrogamète est seulement coloré en vert clair. Le cytoplasme mâle présente donc un pouvoir oxydant plus élevé et la première loi de sexualisation cytoplasmique se vérifie dans l'espèce *Nadsonia fulvescens*.

II. *Zygosaccharomyces Nadsonii.* — Dans cette espèce de Levure, découverte par Guilliermond ([2]), la sexualité se manifeste aussi par une conjugaison hétérogamique. Quand on soumet des cultures de *Zygosaccharomyces* à l'action du réactif utilisé pour *Nadsonia*, on obtient des résultats analogues; ils sont, toutefois, plus irréguliers et moins nets.

Le leucodérivé du bleu de Nil, agissant sur une culture de *Zygosaccharomyces Nadsonii*, en période de conjugaison, pénètre dans l'intérieur des gamètes. Il subit, de la part du cytoplasme, un phénomène d'oxydation dont les phases sont marquées par le développement de la coloration dans la cellule. Dans les cultures favorables, on constate que la couleur apparaît, tout d'abord, au niveau de courtes baguettes ou de granules qui sont les éléments du chondriome des gamètes. Ces éléments mitochondriaux sont plus petits et moins nombreux que dans les gamètes de *Nadsonia*. Ils ont une tendance à se déformer rapidement pour devenir globuleux et la phase de coloration globale du cytoplasme apparaît vite. Malgré ces circonstances défavorables on peut conclure à l'existence d'une sexualisation du chondriome analogue à celle de *Nadsonia*.

La coloration globale donne des résultats plus nets. L'oxydation du réactif est plus rapide et plus intense dans le gamète mâle que dans le gamète femelle. Le microgamète se trouve coloré en vert intense, parfois en bleu, alors que le macrogamète est encore d'une couleur vert clair (première loi de sexualisation).

L'action de divers autres réactifs, sur les deux espèces étudiées, apporte des résultats qui confirment ceux obtenus avec le leucodérivé du bleu de Nil. On a vu, d'autre part ([1]), que les Levures à conjugaison isogamique

---

([1]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 894, et **197**, 1933, p. 1744.

([2]) *Bull. Soc. mycol. de France*, **34**, III, 1918, p. 1.

présentent des qualités de sexualisation semblables à celles des espèces hétérogamiques. Ces qualités constituent donc des caractères généraux de la sexualité dans le groupe des Levures.

*Conclusions.* — Dans les deux espèces étudiées, la première loi de sexualisation cytoplasmique se trouve vérifiée. La sexualisation du chondriome existe dans les gamètes en conjugaison. Pour la mise en évidence de cette sexualisation du chondriome, *Nadsonia fulvescens* constitue un matériel plus favorable que *Zygosaccharomyces Nadsonii*.

ZOOLOGIE. — *La vessie natatoire de la Loche* (Cobitis barbatula *L.*). Note de M. **Ét. Rabaud** et de M[lle] **M.-L. Verrier.**

Au cours de nos recherches sur la vessie natatoire, celle des Loches a tout spécialement retenu notre attention. Nul auteur n'a examiné cet organe du point de vue physiologique. Or les singularités de sa structure suggèrent des doutes sur sa valeur fonctionnelle.

On sait que la vessie natatoire de *Cobitis barbatula* comprend deux poches sensiblement sphériques, situées de part et d'autre de la colonne vertébrale, communiquant entre elles par un canal court et étroit. Les parois des poches et du canal comprennent deux parties distinctes. Une coque externe formée de deux lames épaisses et concentriques de tissu fibreux réunies et séparées par des travées de tissu osseux; l'ensemble constitue une paroi d'une grande rigidité. La lame interne est directement appliquée sur une vésicule close qu'elle enveloppe de toutes parts, sauf au niveau de deux orifices punctiformes. Les parois de la vésicule interne, relativement minces, sont faites de tissu fibreux.

Ces particularités ne sont pas spéciales à *Cobitis barbatula;* on retrouve chez d'autres *Cobitidæ* (1) une structure aussi compliquée et cette complication exclut l'idée que cette vessie soit un organe rudimentaire.

Il convient d'ajouter que l'habitat des Cobitis est identique à celui de Cyprins ou de Silures, à vessie très développée, libre dans la cavité générale, à parois souples et entièrement fibreuses, tels que les Tanches et les Poissons-chats.

Ces particularités imposaient une étude expérimentale. Nous avons donc soumis six Cobitis à des variations de pression suivant le procédé précé-

(1) M. Jaquet, *Revue suisse de Zoologie*, 2, 1894, p. 431-442.

demment employé par nous (¹) : raréfaction lente, à l'aide d'une trompe à eau, de l'air d'un récipient à demi plein d'eau où se meut le poisson, et retour à la pression normale. Ces variations de pression équivalent à celles que subit le poisson pour des migrations verticales de quelques mètres. Toutes les Loches examinées se sont comportées de semblable manière. Au début de la décompression, agitation vive, suivie de mouvements incessants de montée et de descente. Pour une pression voisine de $300^{mm}$, des bulles de gaz commencent à s'échapper de la bouche et de la fente des opercules. Pour une pression voisine de $60^{mm}$, les animaux gagnent définitivement la surface et y demeurent immobiles, l'abdomen légèrement distendu et les téguments de la face ventrale du tronc infiltrés de gaz. Rapide ou lent (de quelques secondes à 5 minutes), le retour à la pression normale entraîne la chute et l'immobilité sur le fond. La valeur des pressions pour lesquelles ces résultats ont été obtenus change très peu d'un individu à l'autre. Les mouvements de montée et de descente, qui s'accompagnent de rejet de bulles de gaz par la bouche et les opercules, se produisent pour des pressions de $300^{mm}$, $325^{mm}$, $280^{mm}$, $320^{mm}$, $310^{mm}$, $270^{mm}$. Enfin, les six individus ont gagné définitivement la surface pour des pressions de $43^{mm}$, $35^{mm}$, $25^{mm}$, $35^{mm}$, $40^{mm}$, $40^{mm}$. Dans tous les cas, l'autopsie pratiquée dès le retour de la pression normale permet de constater l'intégrité de la vessie natatoire quant à sa forme. La vésicule membraneuse est encore remplie de gaz.

Ces résultats tirent leur intérêt de leur comparaison avec ceux que nous avons obtenus dans les mêmes conditions, avec des physostomes et des physoclistes à vessie natatoire volumineuse, à parois minces et facilement perméables aux gaz. Chez tous, nous avons observé la même série de faits au cours de la décompression : agitation, montée en surface, rejet de gaz par la bouche et la fente des opercules, chute au fond au retour de la pression normale. Nous n'avons pas vu chez tous une infiltration gazeuse dans les téguments, ce qui tient évidemment aux différences de structure de ces téguments; mais, chez tous, nous avons observé un gonflement abdominal marqué. Par contre, tandis que la vessie de la Loche demeure remplie de gaz, celle de tous les autres est constamment à peu près vide à l'autopsie.

Nous sommes donc amenés à conclure que chez la Loche, en raison de la rigidité et de l'imperméabilité des parois, les variations de pression ne modifient pas le volume de la vessie, ni, sans doute, la quantité de gaz

(¹) Ét. Rabaud et M.-L. Verrier, *C. R. Soc. Biol.*, 109, 1932, p. 1094.

qu'elle renferme. Les gaz rejetés par la bouche et la fente des opercules ont donc une tout autre origine. Ces faits confirment la conclusion à laquelle nous avaient amenés des expériences sur des Poissons cystectomisés [1] et des Poissons normalement sans vessie [2]. Il en résulte que le poids spécifique du Poisson ne change guère au cours des mouvements de montée et de descente comme le voudrait la théorie classique.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur l'éblouissement en lumière jaune.* Note [3] de M. Y. **Le Grand**, présentée par M. Ch. Fabry.

Parmi les nombreux avantages qu'on attribue à l'emploi de verres jaunes pour les phares d'automobile figure la diminution de l'éblouissement; la présence dans le champ visuel d'une source de grande brillance provoque un malaise psychologique, rétrécit la pupille et noie les contrastes sous la lumière diffusée dans l'œil. Ces inconvénients seraient atténués en lumière jaune.

A quel phénomène s'adresser pour mesurer l'éblouissement? Évidemment à la sensibilité différentielle de l'œil. Lorsque l'automobiliste ébloui écrase un piéton qui cheminait au bord de la route ou lorsqu'il jette sa voiture dans le fossé, c'est qu'il a confondu les brillances faibles, mais différentes, de deux objets voisins, l'obstacle et le sol de la route, brillances qu'il aurait distinguées normalement l'une de l'autre. Considérons donc deux plages contiguës, de brillances B et $B+b$, que l'œil différencie tout juste; le quotient $B:b$ est un nombre d'autant plus grand qu'il suffit à l'œil d'un moindre contraste pour les discerner, ce nombre peut servir de mesure à la sensibilité différentielle de l'œil. Plus précisément, présentons à l'observateur, un grand nombre de fois et au hasard, les deux distributions suivantes : les plages ont la même brillance B, ou bien l'une a la brillance B et l'autre $B+b$; diminuons $b$ jusqu'à ce que l'observateur fasse 25 pour 100 d'erreurs dans ses réponses; le quotient $s=B:b$ sera le seuil différentiel de brillances, et définit la sensibilité en question.

Dans nos mesures, le sujet regardait pendant 2 secondes en vision monoculaire un cercle de 3° de diamètre apparent, les plages contiguës étant

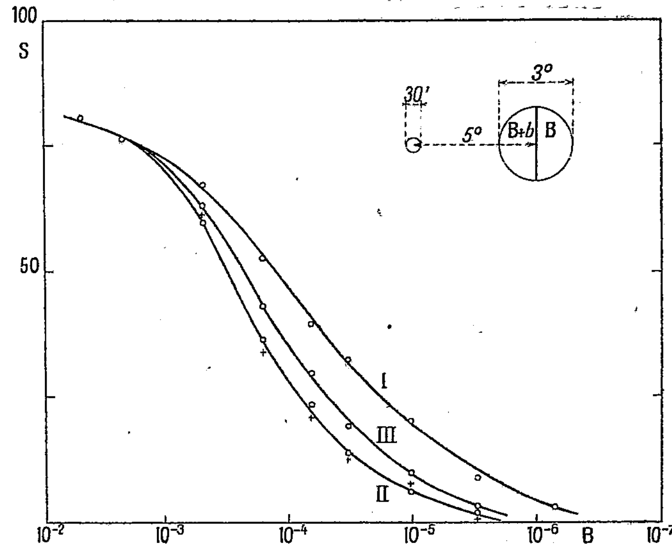
(1) M.-L. Verrier, *C. R.*, *Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 1485.

(2) Et. Rabaud et M.-L. Verrier, *C. R.*, *Soc. Biol.*, 109, 1932, p. 1277.

(3) Séance du 5 mars 1934.

deux demi-cercles sans ligne de séparation. Opérons en lumière blanche (lampes électriques d'auto). Pour chaque valeur de B, on fait environ 250 mesures avec diverses valeurs de $b$, d'où l'on déduit $s$. Sans aucune source éblouissante, on obtient ainsi la courbe I donnant $s$ en fonction de B (évalué en bougies par centimètre carré et porté en abscisses suivant une échelle logarithmique).

Recommençons en plaçant à 5° du centre du cercle une source blanche de brillance 0,88 bougie par centimètre carré, vue sous le diamètre de




30 minutes; l'éblouissement se traduit par une baisse de $s$, et l'on obtient ainsi la courbe II.

Plaçons devant la source éblouissante un filtre jaune qui présente un facteur de transmission de 0,9 pour toute longueur d'onde $\lambda$ supérieure à 0,55 $\mu$, et un facteur inférieur à 0,1 si $\lambda < 0,5\ \mu$; l'éblouissement diminue, comme le montre la courbe III. On peut chercher un verre neutre de densité convenable qui, remplaçant le verre jaune devant la source éblouissante, donnerait la même courbe III; il faut pour cela un verre de densité 0,2 environ, lequel paraît à l'œil nettement plus sombre que le verre jaune; cela semblerait démontrer l'efficacité du verre jaune.

Mais l'expérience précédente correspond au cas où la voiture qui vient vers vous est munie de phares jaunes alors que la vôtre en est dépourvue; rétablissons la symétrie, en regardant toutes les plages y compris l'éblouissante à travers le verre jaune; cette fois, les résultats (figurés par des

croix) sont très voisins de l'éblouissement en lumière blanche; il n'y a plus aucun avantage; l'éblouissement et la visibilité des contrastes ont baissé dans la même proportion et ces effets se compensent.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Spectrographie d'absorption et de fluorescence de la fabréine.* Note [1] de M. MAURICE FONTAINE, présentée par M. Joubin.

La fabréine est le pigment d'un Infusoire cilié hétérotriche, *Fabrea salina*, décrit ponr la première fois par Henneguy, en 1890 [2]. Le pigment signalé par Henneguy a été étudié en 1911 par Donasson et Fauré-Fremiet [3]. Mais, si ces auteurs ont fait connaître un certain nombre de caractères chimiques très intéressants de la fabréine, nous n'avons actuellement que des données assez vagues concernant son spectre d'absorption et son spectre de fluorescence est complètement inconnu.

Les *Fabrea salina* que nous avons utilisés pour ces recherches proviennent des marais salants du Croisic. Nous exposerons dans un Mémoire ultérieur, la préparation de nos solutions de fabréine. Signalons seulement que le *Dunaliella salina* coexistant fréquemment avec le *Fabrea salina* et, ce dernier s'en nourrissant, il était indispensable d'éliminer la dunaline. Celle-ci était séparée de la fabréine par l'éther où elle est soluble alors qu'au contraire la fabréine y est complètement insoluble.

Les solutions avec lesquelles ont été obtenus les spectrogrammes suivants sont des solutions de fabréine faites à froid dans la pyridine (pyridine puriss. Merck) [4]. Ces solutions, très diluées, possédent une coloration jaunâtre; plus concentrées, une teinte verte. Les premières ont présenté une fluorescence rose sous l'action des rayons ultraviolets (soit lampe à vapeur de mercure avec filtre ne laissant passer que les radiations comprises entre $\lambda$ 300 et $\lambda$ 380, soit lampe à arc à électrodes métalliques de Reichert avec filtre et cuve de sulfate de cuivre arrêtant les radiations supérieures à $\lambda$ 400). Les solutions plus concentrées montraient une fluorescence

---

(1) Séance du 15 mars 1934.

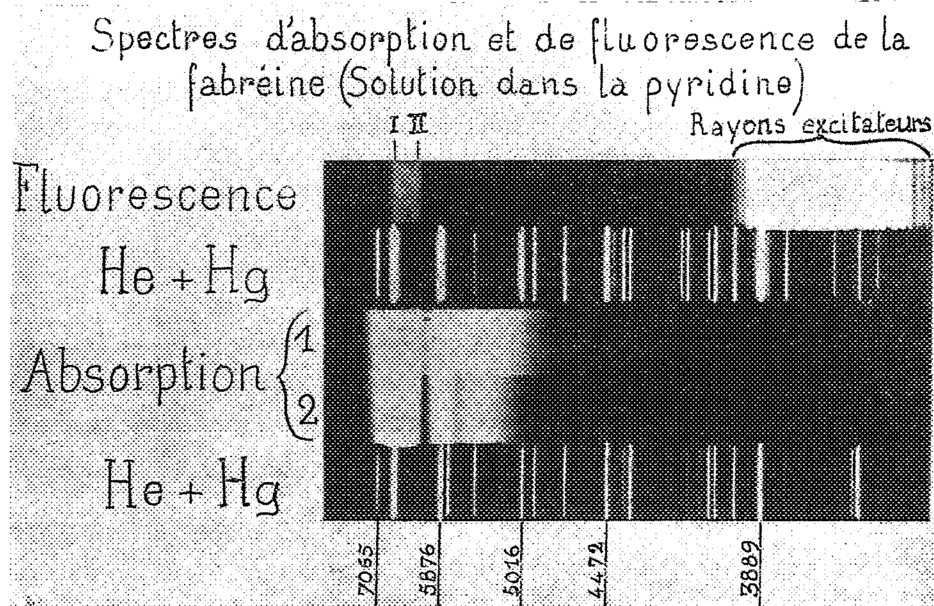
(2) *Annales de Micrographie*, 3, 1890, p. 118.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, 71, 1911, p. 515.

(4) Les spectrographies ont été effectuées dans les deux ou trois jours suivant la préparation des solutions, celles-ci s'altérant par la suite assez rapidement, même à l'obscurité.

rouge assez intense aussi bien avec la lumière solaire qu'avec les sources précitées d'ultraviolet.

*Absorption.* — Nous avons constaté la présence de deux bandes très nettes. La bande la moins réfrangible, qui est aussi la plus intense, a pour axe λ612. Cet axe, déterminé sous faible épaisseur, se déplace légèrement vers le violet par augmentation de l'épaisseur ou de la concentration de la solution. Il existe une autre bande d'intensité moindre, d'axe λ566. Enfin il est possible qu'il existe une troisième bande, d'axe λ524, que nous avons cru




pouvoir observer sur certains clichés, mais que nous considérerons comme douteuse tant que des quantités plus importantes de pigment ne nous permettront pas d'opérer avec des concentrations ou des épaiseurs plus grandes. Signalons qu'en solution alcoolique le spectre d'absorption est notablement déplacé vers le violet.

*Fluorescence.* — La source de rayons excitateurs employée pour la spectrographie était la lampe à électrodes métalliques de Reichert avec filtre et sulfate de cuivre.

Le spectre de fluorescence s'étend de λ612 à λ674, mais l'intensité lumineuse est loin d'être uniforme dans tout cet intervalle. Ce spectre est, en réalité, constitué par deux bandes, l'une, la plus intense, que nous désignons dans le spectrogramme ci-dessus sous le n° I, a pour axe λ666; l'autre

(bande n° II) d'intensité moindre a pour axe λ 618. Entre ces deux bandes, se trouve une zone de faible luminosité dont le minimum est environ sur λ 636. Ces deux bandes de fluorescence correspondent, comme on le voit, tant par leurs intensités que par leurs positions respectives, aux deux bandes d'absorption.

On remarquera que, selon le cas général (règle de Stokes), le spectre de fluorescence est décalé par rapport au spectre d'absorption vers l'infrarouge et que l'intervalle qui sépare le spectre d'absorption du spectre de fluorescence (environ λ 50) est particulièrement grand. En solution alcoolique, le spectre de fluorescence aussi est décalé vers le violet, mais comprend également deux bandes.

On sait que certains travaux (¹) tendraient à rapprocher la fabréine des phycochromoprotéides.

Si les recherches futures confirment cette manière de voir, la fabréine se distinguera cependant nettement des phycochromoprotéides typiques par ses caractères spectraux (au moins en ce qui concerne le visible seul étudié jusqu'à présent). Soulignons en particulier cette différence qui nous paraît importante. Alors que les spectres de fluorescence de la phycocyanine et de la phycoérythrine sont, comme l'ont montré Dhéré et Fontaine (²) des spectres à une seule bande, celui de la fabréine en possède deux.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la régulation de la concentration minérale du milieu intérieur chez quelques crustacés, et leur adaptation aux changements de salinité.* Note (³) de Mme **Andrée Drilhon-Courtois**, présentée par M. L. Joubin.

Nous avons déjà mis en évidence (⁴) chez un crabe dulcaquicole d'une certaine espèce, *Telphusa fluviatilis*, l'automatisme qui paraît régler les variations de composition minérale de son hémolymphe en fonctions des modifications apportées à la teneur en sels de son milieu extérieur.

Nous avons pensé à reprendre ces expériences sur des crustacés plus courants et dont l'habitat fût différent (eau de mer et eau douce). C'est pourquoi nous nous sommes adressé au *Carcinus mænas*, crabe commun de nos côtes, et à l'écrevisse *Potamobius astacus*.

(¹) Verne, *Couleurs et pigments des êtres vivants*, p. 70, Paris, 1930, Colin.
(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1131; *Ann. Inst. océan.*, 10, 1931, p. 247.
(³) Séance du 3 mars 1934.
(⁴) *Bull. Inst. océan. Monaco*, **644**, 1934, p. 1 à 12.

Nous avons constitué par des dilutions appropriées des milieux qui s'échelonnaient en tant que concentration entre l'eau de rivière courante ($\Delta = -0^\circ,02$) et l'eau de mer pure ($\Delta = -2^\circ,21$).

Les animaux en expérience étaient immergés dans ces bains divers pendant des temps variables excédant toujours 48 heures, et par graduation régulière s'écartant progressivement du milieu habituel de l'animal choisi.

C'est ainsi que les *Carcinus* étaient plongés à intervalles réguliers dans les solutions de $\Delta$ croissant (de $-2^\circ,21$ à $-0^\circ,43$) alors que par analogie l'écrevisse subissait des séjours prolongés dans des mélanges à $\Delta$ décroissant (de $-0^\circ,02$ à $-2^\circ,21$).

Nous avons pratiqué sur l'hémolymphe des animaux aux divers stades d'expérimentation le dosage des éléments minéraux que nous estimions primordiaux : le sodium, le potassium, le calcium et le phosphore acido-soluble, ainsi que les matières protéiques totales.

Voici rassemblés dans le tableau ci-dessous les résultats :

*Teneurs exprimées en grammes par litre d'hémolymphe.*

| Δ du milieu extérieur. | *Potamobius astacus.* | | | | *Carcinus mænas.* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | −0°,61. | −1°,12. | −1°,85. | −2°,14. | −2°,14. | −1°,85. | −1°,12. | −0°,61. | −0°,43. |
| Sodium | 5,80 | 5,84 | 6,48 | 9,45 | 13,54 | 12,50 | 10,70 | 6,20 | 5,40 |
| Potassium | 0,190 | 0,195 | 0,220 | 0,250 | 0,710 | 0,750 | 0,614 | 0,580 | 0,560 |
| Calcium | 0,575 | 0,620 | 0,635 | 0,680 | 0,620 | 0,635 | 0,585 | 0,420 | 0,400 |
| Matières prot. | 46 | 19 | 13 | 8 | 38,3 | 39,2 | 42,6 | 50 | 61,2 |
| Phos. acido-sol. | 0,009 | 0,008 | 0,002 | traces | 0,028 | 0,025 | 0,015 | 0,010 | 0,002 |

Les valeurs de l'hydrémie (teneur en eau de l'hémolymphe) déterminées parallèlement aux autres éléments chimiques se sont montrées pratiquement invariables. Par contre les variations de l'imbibition du muscle chez le *Carcinus mænas* atteint 21 pour 100, et la dèshydratation des muscles de l'écrevisse de 8 à 10 pour 100.

Le poids total des animaux ne subit pas de variations sensibles au cours des immersions successives.

Les modifications intéressant la teneur du sang en cristalloïdes minéraux dissous ressortent donc bien d'une migration des sels dans le sens exosmotique ou endosmotique, et non, comme ou paraissait le croire, à une arrivée ou à un départ d'eau dans le milieu intérieur.

L'enrichissement de l'hémolymphe en cations provenant du milieu extérieur (*Astacus*) ou la déperdition en sels de ce même liquide sanguin au profit de l'eau extérieure (*Carcinus*) sont le témoignage d'un mécanisme

de perméabilité des membranes de ces crustacés et d'un automatisme réglant la composition minérale et partant la pression osmotique interne par rapport aux variations de la concentration moléculaire extérieure. Cette adaptation biochimique paraît seulement différente suivant les types de crustacés que nous avons choisis et laisse entrevoir l'existence chez l'Écrevisse d'un « seuil de perméabilité » correspondant à une concentration déterminée du liquide extérieur en deçà de laquelle le « mécanisme régulateur » n'entrerait pas en jeu.

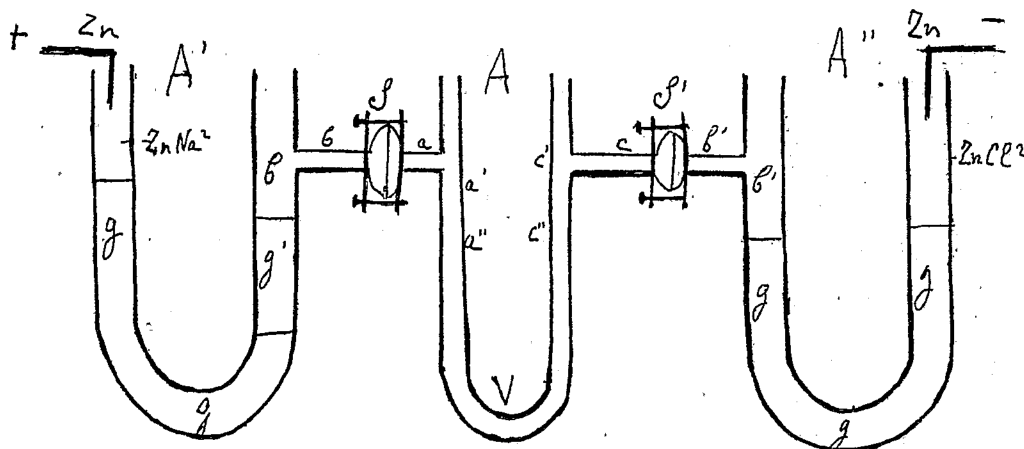
PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Premiers renseignements sur la nature et les propriétés physiques d'un anticorps : électrophorèse des sérums hémolytiques.* Note de M. **Pierre Girard** et M<sup>lle</sup> **Marguerite Lourau**, présentée par M. Charles Richet.

Notre méthode est comparative. Elle consiste au cours d'une même expérience, dans la comparaison des déplacements moyens apparents dans un champ électrique des ions d'un même sérum (ions protéine, notamment) et de l'anticorps. Seule, cette position expérimentale avec les termes de référence qu'elle comporte (ions protéine, ions Cl) est correcte. Les variations du champ dans le temps, liées au déplacement des ions électrolytiques, pouvant n'être pas identiques d'une expérienee à l'autre.

Au cours de l'électrophorèse, l'anticorps doit rester inaltéré. Les altérations à redouter proviennent d'abord des électrodes impolarisables, d'où la nécessité d'intercaler des gels protecteurs. Mais l'interposition de tels gels et aussi de septums nécessaires aux dosages précis peuvent être à leur tour une importante cause d'altération. Pour les sérums hémolytiques, la gélose libère des anions qui ont un pouvoir anticomplémentaire et la gélatine des cations, probablement $NH^4$. qui activent l'hémolyse.

D'autre part, la plupart des septums interposés en SS′ (voir la figure) provoquent d'importantes variations de pH qui diffusent dans les milieux. Le collodion, la cellobiose, le parchemin animal, etc. sont inutilisables. Mais du parchemin végétal séparant l'eau salée du sérum dilué se montre peu perméable aux ions $Cl^-$ se dirigeant vers l'anode et laisse passer vers la cathode des ions $Na^+$ en proportion telle qu'ils équilibrent à peu près les ions $Cl^-$ accumulés, en sorte que les variations de pH en *a* et *c* restent petites. Ce parchemin ne libère pas d'ions toxiques si on le soumet avant l'usage à la dyalise électrique, puis lavages.

Après de laborieux essais nous avons adopté comme vraiment satisfaisantes les conditions expérimentales suivantes : on évite la diffusion des ions $H^+$ et $OH^-$ dans les gels, puis dans l'eau salée au contact des septums (S, S′) en utilisant une anode de Zn plongeant dans une solution de $ZnNa^2$. La cathode de Zn plonge dans une solution de $ZnCl^2$; ces solutions assez diluées pour éviter la digestion de la gélatine. En *g* gélatine à 20 pour 100; les pores capillaires du gel sont alors assez fines pour annuler sensiblement l'osmose électrique. En *g′* gélose. Les gels sont faits avec une solution de NaCl de même concentration et de même pH que le sérum et que la solution de NaCl en *b* et *b′*. La concentration de cette solution de NaCl est abaissée jusqu'à la limite compatible avec la stabilité des globulines (5 pour 1000) de manière




à réaliser dans le tube central les champs les plus hauts possibles. Pour les titrages d'hémolysine les concentrations en NaCl, comme d'ailleurs les pH, sont ramenées à la normale. Les champs utilisés furent de 10 à 33 V-cm au départ. Les septums S, S′ fonctionnent comme des électrodes secondaires. La face interne de S′ est une cathode. La face interne de S une anode. Les différences de section des tubes A, A′ et A″ se comprennent d'elles-mêmes. En A, pour réaliser un champ élevé, section aussi petite que le permet la facilité des dosages; en A′ et A″, section large et champ réduit, pour diminuer la chauffe. L'appareil tout entier est plongé dans un mélange réfrigérant. Durée d'expérience : 6 heures. Les méthodes de titrage n'eurent rien de particulier.

Voici brièvement résumés les résultats relatifs à l'hémolysine tels qu'ils résultent de nombreuses expériences concordantes : à pH 6,9 et pour un champ initial de 10 V-cm la moitié des protéines (tout ce qui précipite par l'acide phosphotungstique ou l'acétone) a quitté la région cathodique (*c*, *c′*, *c″*) et se retrouve soit dans la région anodique seule (*a*, *a′*, *a″*), soit dans cette région et la région V du tube A. L'anticorps hémolytique pour ce pH et cette valeur du champ ne présente qu'un très faible déplacement vers l'anode (moins de 1/10). Dans ces mêmes conditions et 20 V-cm à peu

près 20 pour 100 de l'hémolysine et 75 pour 100 des protéines sont déplacés vers l'anode.

Pour un champ initial de 33 V-cm et un pH de 8,2 les 5/6$^{e}$ des protéines ont quitté la région cathodique se retrouvant en excès à l'anode et 3/10$^{e}$ de l'hémolysine ont quitté également l'anode et se retrouvent à la cathode.

A pH = 5,2 et 30 V-cm, *la moitié des protéines a quitté la cathode et* 25 *pour* 100 *de l'hémolysine a, en sens inverse, quitté l'anode se retrouvant en excès à la cathode.*

Aux environs de pH = 6,2 dans un champ de 24 V-cm, le déplacement de l'hémolysine est sensiblement nul.

En résumé :

1° L'hémolysine est une substance matérielle; 2° ce n'est pas une protéine (du point de vue des propriétés électriques); 3° c'est un ion dont le point isoélectrique est aux environs de 6,2; 4° si l'on compare les ions protéines et les ions hémolysine à des pH suffisamment éloignés de leur point isoélectrique respectif et pour lesquels il n'y a plus d'accroissement de mobilité, on constate que la mobilité apparente de l'ion hémolysine est très inférieure à celle de l'ion protéine, et plus encore de l'ion Cl; 5° des expériences sont en cours en vue de comparer le comportement dans le champ électrique d'autres anticorps (agglutinine, précipitine, sensibilisatrice). Elles décideront s'il s'agit d'un ou de plusieurs anticorps.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Glucides fermentescibles, fermentation alcoolique et production gazeuse en panification.* Note de MM. **R. Guillemet**, **C. Schell** et **P. Le Fur**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'attaque anaérobie d'un glucide fermentescible par la levure donne naissance à des quantités équimoléculaires d'alcool et de gaz carbonique, lesquelles correspondent à 70-75 pour 100 du sucre qui disparaît du milieu étudié (Harden, Nicloux et Grabar, etc.). Nous avons nous-mêmes vérifié ces faits sur des solutions de glucose, de maltose, de saccharose et de raffinose, en utilisant exclusivement les *levures hautes pressées de boulangerie :* les quantités d'alcool [1] obtenues correspondaient à 70-73 pour 100 du

(1) Nos dosages d'alcool ont été effectués par la méthode de Nicloux, ceux des glucides réducteurs par la technique de Fontès-Thivolle récemment adaptée par nous aux produits de meunerie. Nous avons déterminé le gaz carbonique en l'absorbant par la potasse après extraction des gaz à la pompe de Gréhant.

sucre disparu et le rapport $CO^2$/alcool était voisin de 0,96. Au contact de ces levures, le saccharose fermente environ deux fois plus vite que le maltose, alors que seulement un tiers du raffinose disparaît [1] en laissant un résidu de mélibiose de pouvoir réducteur sensiblement égal à celui du maltose.

I. Glucides fermentescibles de la pate de farine de blé. — Ils comprennent : 1° des glucides réducteurs préformés (vraisemblablement du *glucose*) en quantité inférieure à 0,15 pour 100 du poids de la farine; 2° du *maltose* qui prend naissance dans la pâte en raison du « pouvoir diastasique » de la farine, en quantité comprise entre 1,5 et 3 pour 100 du poids de farine en 4 heures; 3° un glucide *non réducteur*, *facilement fermentescible*, qui n'est autre que le *saccharose*. Sa proportion dans les farines de blé, inférieure à 0,25 pour 100 d'après Loeb [2], serait beaucoup plus forte selon d'autres auteurs [3]. Nos propres expériences démontrent qu'il existe bien en effet de 1 à 2 pour 100 de saccharose préformé dans les farines ordinaires; si l'on porte à 115-120° pendant quelques minutes de la farine de blé il ne se forme plus de maltose dans la pâte obtenue avec cette farine; cependant, par addition de levure, on obtient rapidement dans cette pâte des quantités d'alcool comprises entre 0,40 et 0,65 pour 100, lesquelles correspondent à des quantités de saccharose comprises entre 1,0 et 1,8 pour 100 [4].

Le fait qu'après la disparition totale des glucides fermentescibles on ne trouve aucun pouvoir réducteur résiduel dans la pâte, montre que les farines de boulangerie *ne contiennent pratiquement pas de raffinose*, contrairement à l'hypothèse émise par certains auteurs.

II. Fermentation alcoolique dans la pâte de farine de blé. — 1° *Influence des glucides présents sur l'importance de la fermentation.* — Environ 70 pour 100 des sucres disparus de la pâte sont transformés en alcool. En outre, s'il existe une consommation maximum en sucre que la levure ne dépasse guère, il y a par contre des farines pauvres en glucides fermentescibles qui ne permettent pas cette consommation maximum, même à une faible dose de levure. Le saccharose fermente plus vite dans la pâte

---

(1) Ce fait a été signalé en 1889 par Berthelot.

(2) J. Loeb, *Thèse de Doctorat d'Université*. Strasbourg, 1930.

(3) M. J. Blish, R. M. Standstedt et G. R. Astleford, *Cereal Chemistry*, 1932, p. 378-393.

(4) Nous en avons trouvé 3 pour 100 à la périphérie de l'endosperme du grain de blé.

qu'en solution aqueuse; pour le maltose, cette accélération est encore plus accentuée; cependant, au sein de la pâte, la vitesse de fermentation du saccharose reste supérieure à celle du maltose ([1]).

La température a une grosse influence sur la vitesse de la fermentation : à 20° il faut trois fois plus de levure qu'à 27° pour produire la même quantité d'alcool dans le même temps.

2° *Rapport entre le gaz carbonique et l'alcool formés.* — Ce rapport croît légèrement du début à la fin de la fermentation panaire, mais il est toujours compris entre 0,70 et 0,80. Contrairement à ce qui se passe en solution aqueuse, *il y a donc un déficit d'environ* 20 *pour* 100 *de gaz carbonique dans la fermentation panaire.*

III. Production gazeuse en panification. — On constate un retard constant entre la production gazeuse apparente et le gaz carbonique produit par la fermentation, retard dû à la dissolution dans l'eau de la pâte du gaz carbonique initialement formé.

En tenant compte de ces divers résultats expérimentaux on conclut que la production gazeuse au sein de la pâté du boulanger, *due uniquement au gaz carbonique fourni par la fermentation alcoolique*, est sensiblement égale à *la moitié* de celle que permettait de calculer l'équation



$$C^6H^{12}O^6 = 2C^2H^5OH + 2CO^2.$$

D'ailleurs, à chaque « tourne » ([2]) le boulanger élimine la majeure partie du gaz carbonique déjà formé. Nous avons vérifié que *le dégagement gazeux qui a lieu entre la dernière tourne et la mise au four contribue presque seul au volume du pain;* l'essentiel est donc que le stock glucidique de la pâte permette à cette fermentation terminale de s'effectuer dans de bonnes conditions.

Le calcul et l'expérience montrent que la quantité totale de glucides fermentescibles désirable en panification est au minimum de 3 pour 100 du poids de la farine; ce pourcentage ne s'applique que pour une dose de levure voisine de 0,2 pour 100 (levure sèche/farine sèche) et à la température de 27°. Si de nombreuses farines de blé satisfont à ces conditions il en est d'autres qui sont un peu déficitaires.

---

([1]) Un Mémoire d'ensemble donnant tous les détails de nos résultats expérimentaux paraîtra dans un autre Recueil.

([2]) Terme de boulangerie signifiant : malaxage de la pâte.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Durée de l'immunité consécutive à la vaccination contre la fièvre jaune.* Note (¹) de MM. **A. W. Sellards** et **J. Laigret**, présentée par M. F. Mesnil.

A l'heure actuelle, il a été pratiqué, en divers pays, un total d'environ 250 vaccinations antiamariles, à l'aide du virus de Max Theiler (virus atténué par passages à la souris). Nous utilisons ce virus seul [2]. D'autres, à la suite de Sawyer [3], emploient la séro-vaccination, c'est-à-dire font précéder l'inoculation virulente d'une injection de sérum immun. L'une et l'autre méthode visent à introduire dans l'organisme le virus vivant en quantité très faible. Cette précaution est nécessaire : bien qu'il ait perdu, en grande partie, son pouvoir pathogène pour l'homme, le virus de souris est encore capable, à partir de certaines doses, de provoquer des troubles. Il suffit, par contre, de traces de ce virus vivant pour faire apparaître, dans le sang, les anticorps qui témoignent expérimentalement de l'immunité.

Il était à craindre que l'immunité, obtenue avec les faibles quantités de virus que nous inoculons, soit de courte durée. Nous venons précisément de contrôler deux sérums, l'un 10 mois, l'autre 25 mois et demi après la vaccination.

*Sérum* L. — L'un de nous, dont le sérum était dénué de tout pouvoir protecteur avant la vaccination, reçut, en mars-avril 1933, trois inoculations de virus secs de virulence graduée. Vingt jours après la dernière inoculation, son sérum protégeait les souris (épreuve intra-cérébrale) contre 640 doses mortelles de virus.

Un prélèvement de sang a été effectué le 6 février 1934, donc dix mois après la vaccination. Le sérum s'est montré protecteur, au même taux qu'à la précédente épreuve.

*Sérum* E. — Ce sérum a été fourni par le plus ancien de nos vaccinés. L'histoire de sa vaccination a été rapportée dans nos communications antérieures. La dernière inoculation avait eu lieu le 16 décembre 1931 et, trente-quatre jours plus tard, le sérum était protecteur par double épreuve sur souris et sur *Mac. rhesus.*

Le 6 février 1934, le sérum, soumis à l'épreuve de protection intra-cérébrale, protège jusqu'aux limites de l'épreuve, soit contre 640 unités.

---

(¹) Séance du 5 mars 1934.

(²) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1609 et 2175.

(³) *Journ. Experiment. Medic.*, 55, vi, 1932, p. 945.

Il va sans dire que ni l'un ni l'autre de ces sujets n'avait été revacciné entre temps.

Par conséquent, d'après les résultats des épreuves sérologiques, l'immunité, conférée par la vaccination antiamarile, est de longue durée, au moins deux ans.

M. **Paul Delaporte** adresse un Mémoire sur *La mesure du Temps*.

(Renvoyé à la Commission du Calendrier.)

A 15h 45m l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *A. Calmette* :

| | |
|---|---|
| *En première ligne*.............. | M. **Émile Schribaux**. |
| *En seconde ligne*.............. | M. **Émile Brumpt**. |
| *En troisième ligne*, ex æquo *par ordre alphabétique*................ | MM. **Albert Demolon**, **Maurice Javillier**, **Gustave Moussu**, **Louis Roule**. |

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 18h.

E. P.

## *ERRATA.*

—

(Séance du 5 février 1934.)

Note de M. *Maurice Piettre*, Maturation des grains de blé. Influence de quelques phénomènes physicochimiques :

Page 609, ligne 9, *au lieu de* entre — 5° et — 7°, *lire* entre — 0°,5 et — 1°,7.

(Séance du 26 février 1934.)

Note de M. *Paul Lévy*, Généralisation de l'espace différentiel de N. Wiener :

Page 787, à la fin du cas II, *au lieu de* toutes très petites, *lire* toutes à valeur quadratique moyenne très petite.

Note de M. *A. Kastler*, Le taux de polarisation de la fluorescence de la vapeur de mercure en présence d'azote :

Page 814, ligne 8, *au lieu de* même, *lire* mène.
Page 816, Tableau IV, *au lieu de* P, *lire* *r*.



# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 19 MARS 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Un deuil particulièrement imprévu vient de nous frapper : notre Confrère **Camille Matignon**, que nous avons vu parmi nous lundi dernier plein de santé, est mort subitement hier au cours de l'Assemblée des Professeurs du Collège de France, au moment où il défendait les titres d'un candidat avec cette ardeur communicative dont nous avions été souvent les témoins dans nos comités secrets. Il aura ainsi rempli jusqu'au bout tous les devoirs de ses fonctions, et disparaît en pleine force et en pleine activité.

Camille Matignon était né à Saint-Maurice-aux-Riches-Hommes, dans l'Yonne, le 3 janvier 1867. Il entra en 1886 à l'École Normale supérieure et devint à sa sortie de cette École en 1889 préparateur de Marcelin Berthelot, au Collège de France. Il prépara sa thèse de doctorat qu'il soutint en 1892, et pour laquelle il obtient le prix Saintour du Collège de France. En novembre 1893, il fut nommé maître de conférences à l'Université de Lille.

Je ne puis évoquer sans émotion cette journée de novembre 1893 où trois jeunes normaliens arrivaient ensemble comme maîtres de conférences à l'Université de Lille. L'un d'eux que nous considérions un peu comme notre chef et auquel nous témoignions une déférence particulière, Bernard Brunhes, est mort prématurément dès 1910. Camille Matignon meurt à

son tour, et je reste le seul témoin de ces années de jeunesse que nous vécûmes ensemble, années joyeuses où la gaîté ne nuisait pas à l'ardeur pour la recherche scientifique. Nous avions reçu à Lille, de tous nos collègues et du Doyen Gustave Demartres un accueil particulièrement bienveillant; la crainte que nous avions pu avoir de nous trouver exilés loin de nos pays d'origine disparut vite, grâce surtout à un encore jeune et déjà célèbre Professeur de géologie dont la bonne grâce et le charme égalaient l'autorité scientifique : vous avez reconnu notre Confrère Charles Barrois. Les heureuses années de jeunesse ne durent pas et la vie nous sépara trop vite, mais j'ai toujours retrouvé chez Camille Matignon les qualités de bonne humeur et d'excellente camaraderie que j'avais pu apprécier pendant notre séjour à Lille.

Après avoir été nommé professeur adjoint à l'Université de Lille en 1897, Camille Matignon devint en 1898 maître de conférences à la Sorbonne et fut chargé en même temps par son maître Marcelin Berthelot de le remplacer au Collège de France. Il devait devenir quelques années plus tard, en 1903, professeur suppléant au Collège de France et, après le départ de M. Le Chatelier à la Sorbonne, il lui succéda dans sa chaire de chimie minérale au Collège de France.

Sa carrière universitaire marque ainsi une remarquable unité, puisque, en dehors de son court séjour à Lille, elle se passa tout entière au Collège de France. Les premiers travaux de Camille Matignon se rattachent à ceux de Berthelot, et ont été faits en collaboration avec lui, au moyen de la bombe calorimétrique. Ils sont trop nombreux pour qu'on puisse les signaler tous, et ils valent surtout d'ailleurs par les lois générales qu'ils ont permis de préciser ou de dégager.

Parmi ces lois, il faut citer tout d'abord la suivante : la substitution d'un radical dans une molécule organique fait varier l'énergie interne de cette dernière d'une quantité fonction à la fois de la nature de la substitution et de la grandeur de l'atome servant de liaison au radical. Il faut aussi signaler l'extension aux réactions chimiques de la loi de Trouton de laquelle il a déduit plusieurs conséquences importantes, relatives notamment aux moyens de prévoir *a priori* et en toute certitude l'allure d'une réaction donnant naissance à un gaz.

Pendant la guerre, il fut amené à orienter son action vers la synthèse des composés azotés pour la fourniture desquels nous étions tributaires de l'étranger. Il fut ainsi conduit à s'intéresser aux questions industrielles et à donner une large part de son activité à la Société de Chimie industrielle. Il

assuma les fonctions très lourdes de Rédacteur en Chef de la publication de cette Société, *Chimie et Industrie*, et lui apporta de fréquentes contributions personnelles. Il réussit à donner à cette nouvelle revue une ampleur et un éclat qui furent très profitables au bon renom de la Science française.

Il avait ainsi acquis, soit comme animateur de la Société de Chimie industrielle, soit comme Président de la Société chimique de France, une grande et légitime autorité, dans tous les milieux s'intéressant soit à la chimie pure, soit à la chimie appliquée. Sa disparition prématurée est une grande perte pour la Science française.

J'adresse, en votre nom, à tous les siens, nos plus sympathiques condoléances. Nous garderons longtemps le souvenir de cet excellent Confrère.

La séance sera levée en signe de deuil après les votes inscrits à l'ordre du jour.

M. le **Président** annonce le décès de M. **Dukinfield Henry Scott**, Correspondant pour la Section de Botanique depuis 1925, décédé le 29 janvier 1934, et de M. **William Morris Davis**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation depuis 1913.

THÉORIE DES MARÉES. — *Sur les ondes de Poincaré de deuxième espèce.* Note (¹) de M. **E. Fichot.**

1. Les ondes de première espèce, dont j'ai étudié la structure et les interférences dans une Note antérieure (²) à laquelle celle-ci fait suite, ont été également rencontrées dans diverses recherches par G. H. Taylor, J. Proudman et J. E. Fjeldstad (³). Mais le type de mouvement très particulier qui correspond à $c$ et $\gamma$ imaginaires ne paraît pas avoir été encore envisagé. Ce cas se présentera si

$$\mu^2 < 4\omega^2 + \frac{m^2\pi^2 gh}{b^2},$$

condition d'autant plus aisément réalisée qu'il s'agira d'une onde marée à période relativement longue affectant, avec un rang $m$ élevé, un canal étroit et profond suffisamment voisin du pôle.

(¹) Séance du 12 mars 1934.

(²) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 401.

(³) *Proceed. London Math. Soc.*, **12**, 1923, p. 469; *Maud Expedition*, **4**, 1929.

On peut alors, dans la solution de Poincaré, prendre $c = ik$, $k$ étant réel, homogène à une vitesse et déterminé par la relation

$$\frac{\mu^2}{k^2} = \frac{m^2\pi^2}{b^2} + \frac{4\omega^2 - \mu^2}{gh}$$

et les mêmes notations étant conservées, l'expression de la fonction cotidale d'une onde de seconde espèce s'écrira

$$\varphi = \frac{gK}{\mu^2} e^{-\frac{\mu x}{k}} \left( \frac{4\omega^2}{k^2} \sin^2 \frac{m\pi y}{b} + \frac{m^2\pi^2}{b^2} \cos^2 \frac{m\pi y}{b} \right)^{\frac{1}{2}} e^{i(\mu t - \theta)},$$

avec

$$\operatorname{tang}\theta = \frac{m\pi k}{2\omega b} \cot \frac{m\pi y}{b}.$$

Il est d'ailleurs aisé de vérifier que, compte tenu des relations générales (1) et (3), $\varphi$ satisfait bien à l'équation indéfinie du problème ainsi qu'aux conditions sur les rives.

$\zeta$, $u$ et $v$ représentant respectivement la surélévation et les composantes du déplacement horizontal, les équations définissant une onde de Poincaré de seconde espèce et de rang $m$ seront alors, sous forme réelle,

$$\zeta = - K e^{-\frac{\mu x}{k}} \left( \frac{2\omega}{k} \sin \frac{m\pi y}{b} \cos \mu t + \frac{m\pi}{b} \cos \frac{m\pi y}{b} \sin \mu t \right),$$

$$u = - \frac{gK}{\mu} e^{-\frac{\mu x}{k}} \left( \frac{2\omega}{gh} \sin \frac{m\pi y}{b} \cos \mu t - \frac{m\pi}{bk} \cos \frac{m\pi y}{b} \sin \mu t \right),$$

$$v = \frac{gK}{\mu^2} e^{-\frac{\mu x}{k}} \left( \frac{m^2\pi^2}{b^2} + \frac{4\omega^2}{gh} \right) \sin \frac{m\pi y}{b} \sin \mu t.$$

2. A l'inverse de ce qui se passait pour l'onde de première espèce, la phase ici *dépend exclusivement de* $y$ et toute parallèle aux rives est ligne cotidale.

Il n'existe pas de lignes nodales permanentes, ni même de points amphidromiques, mais toutes les lignes $y = n.b/m$ ($n = 0, 1, \ldots, m$) partageant le canal en $m$ bandes parallèles aux rives sont en permanence lignes de mouvement. La propagation de la pleine mer s'effectue ainsi d'une rive à l'autre de telle sorte que, dans l'hémisphère Nord, l'accroissement d'amplitude déterminé par la rotation terrestre ait lieu, comme pour l'onde de Kelvin, vers la droite de la propagation. Mais *la célérité n'est plus constante :* elle est fonction de $y$ et varie entre les limites extrêmes $2\omega\mu b^2/m^2\pi^2 k$ sur les lignes $y = (2n+1)b/2m$ d'heure cotidale O ou VI

et $\mu k/2\omega$ sur les lignes de mouvement $y = nb/m$ d'heure cotidale III ou IX. En ces mêmes lignes, l'amplitude de la marée, également fonction périodique de $y$, atteint corrélativement ses propres valeurs extrêmes, respectivement proportionnelles à $2\omega/k$ et $m\pi/b$.

A un instant donné quelconque, le profil de la surface d'onde sur une section normale aux rives est une sinusoïde de longueur d'onde $2b/m$ et dont l'amplitude, comprise entre les limites ci-dessus indiquées, varie avec le temps. Si l'on imagine cette sinusoïde balayant instantanément le canal d'une extrémité à l'autre, ses nœuds étant maintenus dans le plan de niveau moyen tandis que ses ordonnées $\zeta$ varient exponentiellement avec $x$, elle engendrera la surface de l'onde pour l'époque considérée. A l'inverse de la surface analogue pour l'onde de première espèce, cette surface est entièrement dépourvue de fonds, de cols et de sommets : elle ne présente donc, au sens de Jordan, ni lignes de faîte, ni thalwegs. On peut simplement dire que, dans chaque bande de largeur $b/m$, la courbe exponentielle, lieu des sommets des diverses sinusoïdes contiguës, est une ligne de plus grande pente de la surface. Mais ces courbes, qui pour l'instant $t$ correspondent aux profils longitudinaux

$$y = \frac{b}{m}\left(n + \frac{1}{\pi}\operatorname{arc\,tang}\frac{2\omega b}{m\pi k \operatorname{tang}\mu t}\right),$$

*ne se confondront généralement pas* avec des lignes de pleine mer (ou basse mer) au même instant, lesquelles appartiennent à l'ensemble

$$y = \frac{b}{m}\left(n + \frac{1}{\pi}\operatorname{arc\,tang}\frac{m\pi k}{2\omega b \operatorname{tang}\mu t}\right).$$

Ces deux groupes de lignes ne peuvent coïncider que pour $\operatorname{tang}\mu t$ nul ou infini, c'est-à-dire, ainsi qu'il était *a priori* nécessaires aux époques où, au cours de la propagation, les amplitudes des diverses sinusoïdes contiguës atteignent simultanément leurs valeurs extrêmes. Il faut écarter en effet le cas exceptionnel $m\pi k = 2\omega b$, qui entraîne l'égalité $\mu = 2\omega$ incompatible avec l'existence d'une onde de Poincaré.

3. Les trajectoires des molécules sont des ellipses qui, sur une même parallèle aux rives, sont toutes semblables et pareillement orientées, leurs dimensions variant exponentiellement avec $x$. Sur une même section droite du canal, les dimensions et l'orientation des axes, indépendantes du temps, sont fonctions périodiques de $y$ et cette orientation varie de $2\pi$ dans l'intervalle $2b/m$ d'une longueur d'onde. Elle est d'ailleurs symétrique relative-

ment aux lignes cotidales III et IX, sur lesquelles la trajectoire est rectiligne (lignes de mouvement) et aux lignes cotidales équidistantes O et VI, sur lesquelles l'ellipse orbite admet comme axe la direction des rives. Mais la présence de points cycliques, donc aussi de points morts, n'est pas compatible avec la condition d'existence de l'onde. Dans l'hémisphère Nord, toutes les orbites sont décrites dans le sens des aiguilles d'une montre (anticyclonique).

Entre le vecteur tourbillon $\tau$ du mouvement horizontal et la surélévation $\zeta$, existe la même relation de proportionnalité que dans l'onde de première espèce; cette proportionnalité, d'ailleurs, existe également, mais avec un facteur différent, dans l'onde de Kelvin.

4. A supposer satisfaite l'inégalité qui conditionne la production d'une onde de Poincaré de seconde espèce, un tel mouvement ne pourra se maintenir dans le canal que si la marée océanique extérieure entretient aux extrémités, des oscillations dépendant de la même fonction cotidale. En particulier, le canal devrait donc déboucher sur des régions de lignes cotidales très serrées. Ces circonstances se présentent rarement et il est douteux que de semblables ondes puissent être nettement révélées par l'observation.

Une amphidromie spéciale, effective ou virtuelle, résulterait théoriquement du conflit de deux ondes de même rang $m$ répondant à des valeurs de $k$ égales et de signes contraires. Ici, les points amphidromiques seraient tous répartis, à distance $b/m$, sur une seule ligne normale aux rives et dont le rapport $K'/K$ fixerait la position dans le canal. Sur cette même droite, qui serait ligne cotidale, on trouverait des ventres, également éloignés de $b/m$, mais pas nécessairement équidistants des points amphidromiques. L'allure générale des lignes cotidales serait sensiblement la même que dans une amphidromie Kelvin dont l'axe aurait tourné de $\pi/2$.

5. Ainsi, la solution brièvement indiquée par Poincaré embrasse deux types d'oscillations essentiellement distincts, dans chacun desquels il est nécessaire de faire interférer deux ondes opposées pour que la phase du mouvement résultant dépende à la fois de $x$ et de $y$. La coexistence de deux ondes de Poincaré de même fréquence et d'espèces différentes est à la rigueur possible, sous la réserve expresse que ces ondes ne soient pas de même rang $m$.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Extériorisation des dégénérescences par l'action de l'altitude.* Note de M. J. COSTANTIN.

Contrairement à ce que j'ai récemment publié (1), MM. Ducomet et Diehl affirment que le rendement d'une plante atteinte de dégénérescence diminue « *souvent* plus vite en montagne qu'en plaine » (2).

Ces deux auteurs signalent ce fait intéressant que l'*altitude favorise l'extériorisation des maladies à virus*. Ils en concluent, à tort selon moi, que la cure d'altitude est incertaine dans ses résultats.

Dans les faits qu'ils citent, la montagne peut atténuer la dégénérescence (2 cas); elle peut être sans aucune action (2 cas); elle peut augmenter la dégénérescence (3 cas).

Ces faits sont opposés entre eux ou incohérents. Il faut chercher à les expliquer, c'est ce que ne font pas ces deux agronomes. Ils ont fait la remarque suivante, qui a tout de suite attiré mon attention : parfois on observe 100 pour 100 de malades.

Je crois que l'explication de cette énigme se trouve dans un des deux faits suivants publiés l'un en 1922 et l'autre en 1923, car ce phénomène d'extériorisation très étrange avait déjà été entrevu.

1° En 1922, M. Van Harreveld, en étudiant la Mosaïque de la Canne à sucre à Java, a constaté que le transport en montagne de la variété *Chunnee* provoquait l'extériorisation (le mot n'est pas employé) de la dégénérescence qui se manifestait sur 100 pour 100 des pieds. *Le séjour en montagne n'améliora pas l'état sanitaire*, malgré l'absence du Puceron (*Aphis maidis*) qui transporte le virus (3).

Depuis 44 ans, on sait cependant que la dégénérescence de la Canne est efficacement combattue par la cure d'altitude (cas du Séreh); ceci est confirmé depuis 16 ans pour la Mosaïque de la Canne. Comment concilier tous ces résultats ? Il me semble que la clé de ce problème a été trouvée par M. Newton sans qu'il s'en doute.

2° En 1923, M. Newton, au Canada, a fait une remarque semblable et il a constaté, dès 1920, un cas de Mosaïque de la Pomme de terre à 100 pour 100. C'était encore une extériorisation (mais le mot n'était pas non plus mentionné) sous l'influence d'une haute latitude (Colombie britannique) et d'une altitude de $700^{m}$.

Mais ici, l'agronome canadien a constaté un fait qui a échappé aux deux savants

---

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 22.

(2) *C. R. Acad. Agric.*, **20**, XXVII, 21 février 1934, p. 228.

(3) Il est possible que le Caféier atteint d'*Hemileia* extériorise aussi cette rouille au Kenya (d'après Dowson).

français et à M. Van Harreveld : *sans sélection et par le seul effet du climat nordique*, il a obtenu une *amélioration progressive du rendement*. En quatre années, la récolte était remontée jusqu'à la normale, la plante était *entièrement guérie*.

On peut expliquer, d'après moi, ces derniers résultats en admettant que l'altitude ou la latitude stimulent la plante malade comme si elle avait reçu un coup de fouet et *extériorise la maladie* quelquefois sur 100 pour 100 d'individus; puis en quatre années la *cure d'altitude agit progressivement* et *guérit* d'abord partiellement puis totalement (?) la plante malade.

Pourquoi ces faits si remarquables n'ont-ils pas retenu l'attention de MM. Ducomet et Diehl, pas plus d'ailleurs que celle des savants éminents qui, en Hollande et en Amérique, étudient les dégénérescences? Je suis seul à avoir cité le Mémoire précédent (en 1924, *Ann. Sc. nat.*, 10e série, 6, p. 272; en 1932, Conférence du 20 octobre 1932 à la *Ligue de lutte contre les ennemis de culture*).

Il est possible que les faits annoncés par le savant canadien aient été ignorés ou soient restés incompris de tous les savants étudiant les maladies à virus; je pense plutôt qu'ils sont restés incrédules et qu'ils les ont négligés. Ils ont été imprudents, je crois, car il est *toujours dangereux de négliger des résultats expérimentaux* à moins qu'ils ne soient fautifs. M. Woowilliams a répété, en 1927, encore en Colombie britannique, les essais de M. Newton et il ne les a pas infirmés.

L'*extériorisation* de la maladie ne prouve en aucune façon que l'altitude n'agit pas : elle peut, après un premier effet éphémère, soit *diminuer la virulence du parasite* (virus ou microbe invisible), soit *accroître la résistance* de la Pomme de terre; peut-être même les deux effets sont-ils simultanés.

Bien souvent, quand on croit avoir fait une découverte, on s'aperçoit que les agriculteurs, qui sont fréquemment de très bons observateurs, l'ont soupçonnée avant nous.

Il suffit de rappeler ici un exemple célèbre : c'est la *sagesse des nations* qui a entrevu, avant Tulasne et De Bary, que l'Épine Vinette est nuisible au Blé, sans d'ailleurs en comprendre la cause (qui est la présence de la Rouille).

Depuis la fin du XVIIIe siècle (1788 Anderson; 1794 de Chancey, etc.), on sait que les *tubercules de Pomme de terre venant des districts élevés sont meilleurs*.

Ceci a été confirmé bien souvent depuis : en 1906, par M. Sutton en Angleterre; en 1918, par M. Macoun au Canada et M. Martinet en Suisse; en 1925 par M. Charles Vallot à Chamonix qui dit que la Pomme de terre récoltée à 1500m est recherchée comme semence en plaine. Enfin M. Quanjer, dont la haute autorité sur les questions de dégénérescence est connue de tous, a énoncé la même chose en 1931.

Il est évident que dire que les *tubercules montagnards sont meilleurs* pour la plaine, c'est sousentendre qu'ils y *produisent plus*.

C'est d'ailleurs ce que M. Pozzi-Escot vient de vérifier à Lima (Pérou) (1933) : les tubercules récoltés à 3500-4000$^{m}$ dans les Andes sont non seulement d'un goût délicieux et se vendent *deux fois plus cher* mais, cultivés à Lima, ils donnent une *récolte double* de la récolte courante quand elle est faite avec les semences des environs de cette ville.

Toutes ces remarques pourraient laisser supposer que les résultats obtenus par moi et mes collaborateurs sont admis de tout le monde ou de tous les cultivateurs expérimentés et que nous enfonçons une porte ouverte.

Il n'en est rien; l'acharnement mis par nos deux contradicteurs, qui s'efforcent de montrer que nos chiffres sont erronés, nos lois fausses et non établies, le prouve surabondamment.

Malgré cela, en terminant, MM. Ducomet et Diehl admettent que l'on pourra faire de la *sélection en montagne* parce que sa facilité « s'affirme une fois de plus ».

Ce n'est pas du tout ce que nous proposons, mes collaborateurs et moi : *notre méthode consiste à faire de la sélection avant l'envoi en montagne*, puisque nous préconisons l'*emploi exclusif de Pommes de terre saines*. La sélection sanitaire qui, d'après les deux agronomes, « reste toujours indispensable » est inutile. Les tubercules dépourvus de virus ne contracteront pas la maladie, s'il n'y a pas de Pucerons en haute altitude : c'est ce qu'affirme M. Quanjer. Donc le « facteur économique » n'aura pas à intervenir; bien au contraire, le rendement des pieds montagnards sera considérable, nous l'avons prouvé surabondamment; mais il faut bien choisir sa montagne.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de divers éléments sur les tumeurs bactériennes du* Pelargonium. Note de MM. **A. Gosset**, **Joseph Magrou** et **A. Tchakirian.**

L'évolution des tumeurs produites chez le *Pelargonium zonale* par l'inoculation du *Bact. tumefaciens* présente une remarquable uniformité. La tumeur augmente progressivement de volume, puis, quatre à six mois en moyenne après l'inoculation, elle commence à subir une nécrose sèche, mais cette nécrose reste partielle; à côté des lobes tumoraux qu'elle détruit, d'autres bourgeonnent et croissent sans cesse, constituant de véritables récidives locales qui, souvent, atteignent ou dépassent le volume de la tumeur primitive, si bien que le développement du néoplasme ne prend fin qu'avec la vie du sujet ou, tout au moins, du rameau qui le porte. Il est

exceptionnel que le rameau inoculé survive à la destruction totale de la tumeur; sur plusieurs centaines de plantes inoculées, nous n'avons observé que trois fois de telles *guérisons* spontanées.

Nous nous sommes proposé de chercher si certains éléments chimiques ne seraient pas capables de modifier cette évolution. Les solutions employées ont été introduites dans le tissu même des galles par instillation continue au moyen d'une pipette fixée dans la tumeur et laissée à demeure. (Les produits incorporés à la terre n'ont pas été absorbés par les racines ou, dans le cas contraire, se sont montrés nocifs pour les plantes.) Nous nous sommes préalablement assurés que l'instillation d'eau pure, faite par le même procédé, est sans influence sur l'évolution de la tumeur. Ultérieurement, nous avons plongé dans les solutions des tiges coupées de *Pelargonium* (des tiges témoins étant plongées dans l'eau distillée ou dans l'eau de source) pour voir si les produits absorbés par les vaisseaux sectionnés auraient une action élective sur les tumeurs.

Parmi les composés essayés, certains (tétrachloréthane, cyanure double de cuivre et de potassium, acides arsénieux et arsénique, tartrate manganeux) ont intoxiqué les plantes sans agir au préalable sur les tumeurs. Le tartrate d'antimoine est resté inactif aussi bien sur la tumeur que sur les tissus normaux. L'instillation de borate de plomb, de borate de quinine, de chlorure d'or, a entraîné la nécrose des tumeurs, mais s'est montrée rapidement mortelle pour les plantes.

Un petit nombre d'éléments ont provoqué, par instillation, une destruction rapide des tumeurs, et n'ont exercé sur les plantes qu'une action toxique faible ou nulle.

L'instillation continue d'une solution d'oxyde de germanium ($GeO^2$) à 6,75 pour 1000 entraîne en quelques jours la nécrose sèche du lobe tumoral traité; en traitant successivement les lobes développés autour de la tige, on obtient généralement en moins d'un mois la nécrose de la tumeur tout entière, alors que les tumeurs témoins de même âge continuent à se développer sans manifester de tendance à la nécrose. Chez les sujets peu vigoureux, traités au cours de l'automne ou de l'hiver, quand la végétation est peu active, cette nécrose a été suivie à brève échéance de la mort soit de la plante, soit du rameau portant la tumeur. Par contre, chez les sujets plus résistants, le rameau inoculé a survécu. Au bout de quelque temps (5 mois en moyenne), la tumeur cède à la moindre traction et se détache, comme une feuille morte, laissant à sa place une excavation. Chez quelques individus, on voit se développer, après la chute de la tumeur, de petites

récidives locales, qui se nécrosent à leur tour avant d'avoir atteint un volume notable. Dans d'autres cas, la destruction de la tumeur paraît durable; sur onze plantes traitées depuis 1932, une a survécu un an, sans récidive, après le début du traitement. Deux autres, traitées respectivement depuis février et juin 1932, survivent encore, sans présenter actuellement de récidive.

Le tartrate de germanium contenant 4 pour 1000 de $GeO^2$ exerce sur les tumeurs une action analogue mais paraît plus nocif pour les plantes; sur trois pieds traités en février 1933, deux ont succombé deux mois après le début du traitement; le troisième survit encore, et la chute de la tumeur nécrosée n'a pas été suivie de récidive (¹).

Chez des tiges coupées de *Pelargonium* de $12^g$ à $15^g$, plongées dans $25^{cm^3}$ d'eau de source contenant $0^g,0045$ d'oxyde de germanium ($GeO^2$), les tumeurs, 14 fois sur 14 plantes traitées, se sont nécrosées au bout d'une semaine. (Le volume de la solution était maintenu constant par addition quotidienne d'eau de source.) Après le traitement, les boutures ont été plantées en terre, et chez l'une d'elles, qui a résisté à ces transports successifs, des récidives locales se sont produites. L'examen histologique d'une bouture traitée par cette méthode a montré la persistance, dans la tumeur presque entièrement mortifiée, d'un îlot microscopique de cellules tumorales restées vivantes.

Instillés dans les tumeurs, l'acide molybdique ($MoO^3$) à 9,25 pour 1000 et le borate de cérium à 3,22 pour 1000 d'oxyde de cérium ($CeO^2$) ont une action analogue, à quelques nuances près, à celle de l'oxyde de germanium. Trois plantes sur douze traitées par l'acide molybdique (l'une en avril 1931, les deux autres respectivement en avril et juin 1932), et deux plantes sur quatorze traitées par le borate de cérium (en juin 1932), sont actuellement guéries sans récidives. Par contre ces deux produits, administrés par voie vasculaire, n'exercent pas d'influence inhibitrice sur le développement des tumeurs.

Parmi les produits qui, par instillation, ont provoqué des nécroses des tumeurs plus rapides que les nécroses spontanées des témoins, signalons encore le tartrate stanneux (1,9 d'étain pour 1000), le tartrate de zirconium (6,9 pour 1000 de Zr), le chlorure d'aluminium (10 pour 1000 de $Al^2O^3$).

En résumé, des composés du germanium, du cérium, du molybdène, de

---

(¹) Ce résultat paraît bien dû au germanium, car l'instillation du tartrate acide de sodium est sans effet sur la plante et sur la tumeur.

l'étain, du zirconium et de l'aluminium, introduits dans les tissus des galles bactériennes du *Pelargonium*, ont provoqué la nécrose rapide et, parfois, durable de ces galles. Seul parmi ces éléments, le germanium, introduit dans la circulation générale de la plante, a manifesté une action élective sur les tumeurs, dont il a provoqué la nécrose en quelques jours. Nécrose d'ailleurs incomplète, puisque des récidives se produisent aux dépens d'îlots méristématiques restés vivants. Aux concentrations de 0,18 et de 0,9 pour 1000, le germanium n'empêche pas la culture du *B. tumefaciens*, mais la ralentit légèrement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'ingestion journalière de petites quantités d'aluminium favorise-t-elle le cancer ?* [1]. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Pierre Serbescu**.

Nous avons recherché, à la suite des résultats que nous avons publiés sur l'intoxication aiguë par l'aluminium [2], ce qui pourrait advenir de l'ingestion continue, journalière, de petites quantités du même métal. Au point de vue pratique, c'est le cas de l'intoxication chronique qui est le plus intéressant à étudier, non seulement parce que de l'aluminium peut être introduit dans les aliments à partir des ustensiles de cuisine, mais aussi parce que l'usage de levains chimiques à base d'alun ou de lactate d'aluminium dans la confection du pain et de la pâtisserie devient chaque jour plus fréquent. Comme nous l'avons déjà rapporté, on a émis à ce sujet des craintes d'intoxication chronique et l'on a été jusqu'à prétendre que l'ingestion habituelle de minimes quantités d'aluminium pouvait favoriser le développement du cancer [3].

Nous avons élevé un nombre important de lapins qui ont été divisés en deux séries. Les animaux de la première série ont été traités par le goudron

---

(1) Cette Note est extraite d'un mémoire qui paraîtra prochainement dans une autre publication.

(2) *Comptes rendus*; **193**, 1931, p. 128, et **198**, 1934, p. 517.

(3) G. Schaeffer, G. Fontès, F. Le Breton, Ch. Oberling et L. Thivolle ont confirmé en partie ces craintes, mais en s'appuyant sur des expériences dans lesquelles, pour obtenir des résultats plus marqués, des proportions de *baking powder* apparemment trop grandes avaient été employées (*Bull. Soc. Hyg. alim.*, **16**, 1928, p. 1 et 49). Voir aussi, à ce sujet, les critiques de E. McCollum, O. Rask et Ern. Becker (*Ibid.*, **17**, 1929, p. 65) et la réponse des précédents auteurs (*Ibid.*, p. 74).

de manière à provoquer des lésions cancéreuses. Ceux de la seconde série ont été traités de la même manière, mais ont reçu, en outre, presque journellement par la bouche une certaine quantité d'aluminium. Nous avons examiné les résultats obtenus chez les uns et les autres des animaux en expérience.

Les lapins étaient placés dans des cages, sur une couche de foin souvent renouvelée. Ils étaient nourris abondamment, l'été de pain et de luzerne fraîche, l'automne de pain et de racine de betterave. Quand un lapin mourait, soit par suite d'intoxication goudronneuse, soit par suite de maladie, il était immédiatement autopsié, afin de rechercher les lésions et de déterminer, si possible, la cause de la mort; la cage était ensuite nettoyée, flambée et le lapin remplacé par un nouveau que l'on soumettait au traitement de la série correspondante. Nous avons commencé nos expériences avec 60 animaux. Nous les avons terminées avec un total de 116, dont 48 on été traités seulement par le goudron et 68 ont, en outre, reçu chaque jour, sauf le dimanche, une dose de 20$^{mg}$ d'aluminium par kilogramme de poids vif.

L'aluminium a été employé à l'état de sulfate cristallisé, en solution contenant 10$^{g}$ de métal par litre [1]. On l'a introduit directement dans l'estomac du lapin à l'aide d'une sonde de Nélaton; après cette introduction, on ajoutait un volume d'eau distillée égal au double de celui de la solution saline, ce qui lavait les parois de la sonde et diluait la solution dans l'estomac au tiers de la concentration primitive.

Le goudron de houille, très actif au point de vue cancérigène, nous avait été gracieusement fourni par la Compagnie du Gaz de Paris. On en frottait, trois fois par semaine, la face interne des oreilles de tous les lapins, pendant 3 à 4 minutes, en se servant d'un pinceau de crin.

Les autopsies ont été faites avec soin, de manière à dépister les lésions possibles du tube digestif, en particulier de l'estomac, et, lorsqu'il y avait du cancer de l'oreille, la présence de métastases.

Quant aux formations cancéreuses, on les a enlevées au rasoir aussitôt après la mort, fixées dans le picro-formol acétique, déshydratées par une série de passages dans l'alcool absolu et dans le toluène et montées par

---

(1) Nous aurions pu choisir un sel d'acide organique, tel que le lactate, dont l'action sur les tissus vivants est sans doute moins sévère; mais, comme il y a des levains chimiques à base d'alun (exactement de sulfate double d'aluminium et de sodium anhydre), nous avons cru devoir prendre le sel minéral.

inclusion à la paraffine. Après section au microtome, les coupes ont été collées sur les lames de verre à l'aide de gélatine, débarrassées de la paraffine et colorées suivant la technique de P. Masson à l'hémalun-érythrosine-safran [1].

Voici maintenant les résultats de nos expériences.

Sur les 48 lapins de la série *traitée seulement au goudron*, la plupart sont morts, soit d'intoxication goudronneuse, soit de maladie pulmonaire. Parmi eux, 14 ont survécu de 40 jours à 3 mois, et 1 n'a succombé qu'après 129 jours. Huit autres lapins, ayant mieux résisté, ont été sacrifiés après des délais variant de 3 à 6 mois et demi.

Nous avons obtenu des cancers de l'oreille chez tous les lapins de cette série ayant survécu 74 jours et davantage, comptés à partir de la première application goudronneuse; aucun cancer chez les autres. Si l'on calcule la proportion d'animaux atteints de cancer du goudron parmi ceux qui ont survécu plus de 40 jours, on la trouve de 78,3 pour 100.

Sur les 68 lapins de la série ayant été *traitée à la fois au goudron et à l'aluminium*, 12 ont survécu de 40 à 105 jours, après avoir reçu des quantités totales d'aluminium allant de $1^g,5$ à près de $4^g$. Quatre autres ont dépassé ce délai et ont reçu au total de 8 à $12^g$ de métal. Nous en avons sacrifié deux après 165 jours et les deux autres après 180 jours.

Des cancers du goudron ont été constatés chez 4 lapins de cette série n'ayant survécu que 73, 56, 47 et 40 jours; mais par contre, un lapin de la même série ayant survécu 105 jours et deux ayant été sacrifiés après 165 jours sont restés indemnes.

Si l'on calcule, comme dans le cas de la série précédente, la proportion des animaux atteints de cancer du goudron parmi ceux qui ont survécu plus de 40 jours, on la trouve de 50 pour 100.

D'autre part, *aucun des animaux*, pas plus ceux qui ont reçu de l'aluminium que ceux qui n'en ont pas reçu, n'a présenté à l'autopsie la moindre lésion, perceptible à l'œil nu, de l'estomac ni des autres parties du tube digestif.

Ainsi, les lapins ont pu supporter pendant six mois l'ingestion à peu près journalière de $20^{mg}$ d'aluminium par kilogramme de poids vif, et, cela, sous la forme éminemment soluble de sulfate, sans qu'il en soit résulté aucune lésion du tube digestif.

Cette ingestion d'aluminium n'a pas eu non plus d'influence favorable

---

(1) *Diagnostics de laboratoire*, Paris, 1923, p. 684.

sur le développement du cancer provoqué par le goudron. Si l'on était en droit de faire état des proportions des animaux cancérisés dans les deux séries, 78 pour 100 sans aluminium et 50 pour 100 avec l'aluminium, ce serait même l'inverse qu'il faudrait admettre.

Ajoutons que le lapin peut supporter l'ingestion journalière de quantités d'aluminium notablement plus élevées que celles dont nous nous sommes servis dans les expériences précédentes.

Une femelle, pesant 2250$^{g}$ a reçu chaque jour, sauf le dimanche, 50$^{mg}$ d'aluminium par kilogramme de poids vif, à l'aide de la sonde. Après 28 jours, elle a donné naissance à six petits bien conformés qui se sont développés normalement dans la suite. Après 60 jours seulement on a commencé le badigeonnage des oreilles au goudron, trois fois par semaine, tout en continuant l'administration de l'aluminium. L'animal a bien résisté au traitement jusqu'au 162$^{e}$ jour, où il a succombé à une broncho-pneumonie. Il avait reçu en totalité 18$^{g}$,1 d'aluminium et 47 badigeonnages. Son poids atteignait 3270$^{g}$. A l'examen macroscopique, le tube digestif ne présentait aucune lésion, l'aspect de la muqueuse était tout à fait normal.

En conclusion, la nocivité de l'aluminium a été très fortement exagérée par quelques auteurs; les craintes émises au sujet des accidents que pourraient provoquer chez l'homme les petites proportions d'aluminium introduites dans les aliments, par l'usage des ustensiles de cuisine fabriqués avec ce métal et même par l'emploi modéré de certains levains chimiques, ne sont pas du tout justifiées par les recherches de laboratoire. Quant à l'action favorisante de cette ingestion d'aluminium sur la production et le développement du cancer, elle n'apparaît pas vraisemblable et ne saurait en tout cas être admise tant qu'une démonstration n'en aura pas été apportée.

M. René Maire fait hommage à l'Académie du *Catalogue des Plantes du Maroc* (*Spermatophytes et Ptéridophytes*), tomes I, II et III, qu'il vient de publier en collaboration avec M. Émile Jahandiez, et d'un ouvrage intitulé : *Études sur la flore et la végétation du Sahara central.*

## ÉLECTIONS.

Par l'unanimité de 42 suffrages exprimés, M. **Henri Villat** est désigné pour faire partie de la *Commission supérieure des inventions* en remplacement de M. *P. Painlevé* décédé.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *A. Calmette* décédé.

Le nombre de votants étant 52, au premier tour de scrutin,

| | | |
|---|---|---|
| M. Émile Schribaux obtient | 14 | suffrages |
| M. Gustave Moussu » | 11 | » |
| M. Émile Brumpt » | 10 | » |
| M. Louis Roule » | 10 | » |
| M. Maurice Javillier » | 7 | » |

Au second tour de scrutin,

| | | |
|---|---|---|
| M. Émile Schribaux obtient | 22 | suffrages |
| M. Émile Brumpt » | 8 | » |
| M. Gustave Moussu » | 8 | » |
| M. Louis Roule » | 8 | » |
| M. Maurice Javillier » | 5 | » |

Il y a 1 bulletin nul.

Au troisième tour de scrutin,

| | | |
|---|---|---|
| M. Émile Schribaux obtient | 40 | suffrages |
| M. Émile Brumpt » | 5 | » |
| M. Louis Roule » | 3 | » |
| M. Maurice Javillier » | 2 | » |
| M. Gustave Moussu » | 2 | » |

M. **Émile Schribaux**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

## CORRESPONDANCE.

L'Edinburgh Geological Society invite l'Académie à se faire représenter à la célébration du Centenaire de sa fondation, les 3 et 4 septembre 1934.

L'American Association for the Advancement of Science invite l'Académie à se faire représenter à son prochain Congrès, à Berkeley, Californie, du 18 au 23 juin 1934.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Spedizione italiana* de Filippi, P. Comucci, G. Merla, C. F. Parona, R. Pampanini, G. Negri, R. Biasutti. *Rocce — Fossili — Piante — Osservazioni antropometriche.*

2° *Travaux de l'*Institut Océanographique de l'Indochine. 4e Mémoire. *Iconographie ichtyologique de l'Indochine. Poissons des campagnes du « de Lanessan »* (1925-1929). 1re Partie, par P. Chevey.

3° Kohn-Abrest. *Précis de Toxicologie.* (Présenté de la part de M. A. d'Arsonval.)

4° *The Norwegian North Polar Expedition with the « Maud »*, 1918-1925, *Scientific Results*, by H. V. Sverdrup. *Special reports.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les espaces généraux qui se correspondent point par point avec conservation du parallélisme de M. Cartan.* Note de M. **M. Haimovici**, présentée par M. Élie Cartan.

M. Bompiani a étudié ([1]) les espaces de Riemann qui se correspondent point par point avec conservation du parallélisme de M. Levi-Civita. Cette Note a pour objet l'étude du problème analogue dans les espaces généraux, le parallélisme étant celui de M. Cartan ([2]).

([1]) *Rend. della R. Accad. Naz. dei Lincei*, 5e série, 29I, 1920, p. 347-351.

([2]) E. Cartan, *Les espaces de Finsler*, Paris, Hermann, 1934. Nous utiliserons dans ce qui suit les notations de ce Mémoire.

1. Soient F et F′ deux espaces qui se correspondent de cette manière. Supposons que les points correspondants ont les mêmes coordonnées. Soient $\xi^i = \delta x^i / \delta s$, $\xi'^i = \delta x^i / \delta s'$ deux vecteurs correspondants. En écrivant pour ces deux vecteurs les conditions du transport parallèle et en remarquant que ce transport conserve les longueurs, on déduit les relations

$$\text{(I)} \qquad \frac{\partial g'_{ij}}{\partial \dot{x}^k} = g'_{im} C^m_{jk},$$

$$\text{(I')} \qquad \frac{\partial g'_{ij}}{\partial x^k} = g'_{im} \Gamma^m_{jk} + g'_{jm} \Gamma^m_{ik}.$$

Ce système d'équations doit déterminer l'espace F′ si F est connu.

2. Associons à chaque point de l'espace un élément $(x, \dot{x})$. Si l'une au moins des formes différentielles $g_{ij}(x, \dot{x})\, dx^i\, dx^j$, $g'_{ij}(x, \dot{x})\, dx^i\, dx^j$ est définie soit, par exemple, la première, on peut trouver en chaque point $n$ couples de vecteurs correspondants

$$\lambda^i_{1|}, \quad \lambda^i_{2|}, \quad \ldots, \quad \lambda^i_{n|}; \quad \lambda'^i_{1|}, \quad \lambda'^i_{2|}, \quad \ldots, \quad \lambda'^i_{n|}$$

tels que l'on ait

$$\text{(1)} \quad g_{ij}\lambda^i_{h|}\lambda^j_{k|} = \begin{cases} 0 \text{ pour } h \neq k \\ \varepsilon \text{ pour } h = k \end{cases} (\varepsilon = \pm 1), \qquad g'_{ij}\lambda'^i_{h|}\lambda'^j_{k|} = \begin{cases} 0 \text{ pour } h \neq k \\ \varepsilon'_h \text{ pour } h = k \end{cases} (\varepsilon_h = \pm 1).$$

On a d'ailleurs

$$\lambda'^i_{h|} = \rho_h \lambda^i_{h|} \qquad \text{(ne pas sommer d'après } h\text{)},$$

$\rho_h$ étant invariant pour toute transformation de coordonnées.

Effectuons un changement de coordonnées $x^i = x^i(y^j)$ tel que, en un point choisi O, d'ailleurs quelconque, les courbes de coordonnées deviennent tangentes aux vecteurs $\lambda$ resp. $\lambda'$. On aura alors (au point O)

$$g_{ij} = \begin{cases} 0 \text{ pour } i \neq j, \\ \varepsilon h_i^2 \text{ pour } i = j; \end{cases} \qquad g'_{ij} = \begin{cases} 0 \text{ pour } i \neq j, \\ \varepsilon_i h'_i \text{ pour } i = j \end{cases} \qquad \text{(ne pas sommer d'après } i\text{)},$$

$$\lambda^i_{h|} = \begin{cases} 0 \text{ pour } i \neq h, \\ \dfrac{1}{h_i} \text{ pour } i = h; \end{cases} \qquad \lambda'^i_{h|} = \begin{cases} 0 \text{ pour } i \neq h, \\ \dfrac{1}{h'^i} \text{ pour } i = h \end{cases} \qquad h_i = \rho_i h'_i \text{ (ne pas sommer d'après } i\text{)}.$$

En dérivant par rapport à $y^i$ les équations (1) où l'on a fait $h = k$ et en tenant compte de (I′) on obtient en O : $\partial\rho_h/\partial y^i = 0$ et, puisque $\rho_h$ est invariant et le point O quelconque, il résulte que $\rho_h$ est constant. Supposons

$$\varepsilon'_1 = \varepsilon'_2 = \ldots = \varepsilon'_{\nu_1}; \quad \varepsilon'_{\nu_1+1} = \varepsilon'_{\nu_1+2} = \ldots = \varepsilon'_{\nu_2}; \quad \ldots; \quad \varepsilon'_{\nu_{\alpha-1}+1} = \varepsilon'_{\nu_{\alpha-1}+2} = \ldots = \varepsilon'_{\nu_\alpha},$$

$$\rho_1 = \rho_2 = \ldots = \rho_{\nu_1}; \quad \rho_{\nu_1+1} = \rho_{\nu_1+2} = \ldots = \rho_{\nu_2}; \quad \ldots; \quad \rho_{\nu_{\alpha-1}+1} = \rho_{\nu_{\alpha-1}+2} = \ldots = \rho_{\nu_\alpha}$$

$$(\nu_\alpha = n).$$

Les dérivées des équations (1) où $h \neq k$ nous donnent les relations

$$(2)\qquad \frac{\partial \lambda^k_{h|}}{\partial y^i} + \Gamma^k_{hi} = 0 \qquad \text{où} \qquad \nu_{\mu-1} + 1 \leqq k \leqq \nu_\mu; \qquad \nu_{\lambda-1} + 1 \leqq h \leqq \nu_\lambda; \qquad \lambda \neq \mu.$$

Des équations (1) il résulte que, au point O et pour l'élément linéaire associé à ce point, on a

$$C_{ijk} = C'_{ijk} = 0 \qquad \text{si} \quad \nu_{\mu-1} + 1 \leqq i \leqq \nu_\mu; \qquad \nu_{\lambda-1} + 1 \leqq h \leqq \nu_\lambda, \qquad \mu \neq \lambda.$$

En utilisant cette propriété, on déduit de (2) que (toujours au point O)

$$(3)\qquad \frac{\partial \lambda^k_{h|}}{\partial y^i} \lambda^i_{l|} - \frac{\partial \lambda^k_{l|}}{\partial y^i} \lambda^i_{h|} = 0 \qquad \begin{cases} \nu_{\mu-1} + 1 \leqq h,\ l \leqq \nu_\mu \\ \nu_{\lambda-1} + 1 \leqq k \leqq \nu_\lambda \end{cases} \qquad (\mu \neq \lambda).$$

L'expression du premier membre de cette relation étant un vecteur et le point O quelconque, il résulte qu'on aura en tout point

$$(4)\qquad \frac{\partial \lambda^k_{h|}}{\partial y^i} \lambda^i_{l|} - \frac{\partial \lambda^k_{l|}}{\partial y^i} \lambda^i_{h|} = \sum_{\sigma=\nu_{\mu-1}+1}^{\nu_\mu} a_{hl|\sigma} \lambda^k_{\sigma|} \qquad (\nu_{\mu-1} + 1 \leqq h,\ l \leqq \nu_\mu).$$

On en déduit qu'on peut faire un changement de coordonnées tel que pour l'élément choisi, on ait en tout point

$$g_{ij} = g'_{ij} = 0 \qquad \text{pour} \quad \nu_{\mu-1} + 1 \leqq i \leqq \mu, \quad \nu_{\lambda-1} + 1 \leqq j \leqq \nu_\lambda \qquad (\mu \neq \lambda).$$

On aura d'ailleurs :

$$g_{ij} = \varepsilon_i \rho_i^2 g'_{ij} \qquad \nu_{\lambda-1} + 1 \leqq i,\ j \leqq \nu_\lambda \qquad (\text{ne pas sommer d'après } i).$$

3. Des équations (I) on tire ensuite que ces relations subsistent non seulement pour l'élément choisi, mais pour tous les éléments $(y, \dot{y})$ de l'espace. $\rho_h$ est indépendant de $\dot{y}$ et $g_{ij}$ avec $\nu_{\lambda-1} + 1 \leqq i, j \leqq \nu_\lambda$ ne dépend que des $\dot{y}^i$ avec $\nu_{\lambda-1} + 1 \leqq i \leqq \nu_\lambda$.

Enfin, en utilisant les équations (I'), on déduit que $g_{ij}$ avec $\nu_{\lambda-1} + 1 \leqq i, j \leqq \nu_\lambda$ ne dépend que des $y^i$ avec $\nu_{\lambda-1} + 1 \leqq i \leqq \nu_\lambda$.

Nos espaces auront donc les carrés des éléments de longueur :

$$(\text{II})\qquad ds^2 = \sum_{i=1}^{\alpha} f_i(x^{\nu_{i-1}+1} \ldots x^{\nu_i};\ dx^{\nu_{i-1}+1} \ldots dx^{\nu_i}),$$

$$(\text{II}')\qquad ds^2 = \sum_{i=1}^{\alpha} c_i f_i(x^{\nu_{i-1}+1} \ldots x^{\nu_i};\ dx^{\nu_{i-1}+1} \ldots dx^{\nu_i}),$$

où les $c_i$ sont des constantes et les $f_i$ sont homogènes du second ordre en $dx$.

Inversement, étant donné un espace dont le carré de l'élément de longueur est donné par (II), tout espace dont le carré de l'élément de longueur est de la forme (II'), $c_i$ étant des constantes arbitraires, se trouve avec le premier en une correspondance qui conserve le parallélisme. Si l'espace est riemannien, ce résultat coïncide avec celui de M. Bompiani.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une transformation des surfaces minima.* Note ([1]) de M. **Serge Rossinski.**

1. J'ai donné la solution ([2]) du problème suivant : Étant donné une surface (S) et une congruence isotrope (C) invariablement liée à S, dont les rayons sont orthogonaux aux plans tangents de (S), trouver les surfaces (S) pour lesquelles cette congruence reste une congruence isotrope au cours d'une déformation de la surface avec réseau conjugué persistant. On a vu que la solution du problème est donnée par une surface minima arbitraire. Il est bien connu que la surface enveloppée moyenne d'une congruence isotrope est encore une surface minima ($\Sigma$). Le but de cette Note est d'étudier le rapport entre ces deux surfaces minima (S) et ($\Sigma$), qui se trouvent, évidemment, en correspondance de parallélisme des plans tangents.

2. En conservant les notations de la Note précédente, nous avons pour l'élément linéaire et pour la seconde forme quadratique de la surface les formules

$$ds^2 = 2\mathrm{F}\,du\,dv = (1+uv)^2\mathrm{UV}\,du\,dv,$$
$$-d\bar{\rho}\,d\bar{n} = \delta\,du^2 + \delta''\,dv^2 = -\mathrm{U}\,du^2 - \mathrm{V}\,dv^2,$$

U et V étant des fonctions arbitraires de $u$ et $v$ respectivement. Soit d'ailleurs

$$\bar{\rho}_1(u, v) = \bar{\rho}(u, v) + \xi(u, v)\frac{\partial\bar{\rho}}{\partial u} + \eta(u, v)\frac{\partial\bar{\rho}}{\partial v}$$

le vecteur qui définit le point d'intersection du rayon de la congruence (C) et du plan tangent à la surface (S). Dans le problème considéré les fonctions $\xi$ et $\eta$ avaient la forme suivante :

$$(1)\qquad \xi = \frac{1}{\mathrm{F}}\left[c_1(v) - \int \mathrm{F}\,du\right], \qquad \eta = \frac{1}{\mathrm{F}}\left[c_2(u) - \int \mathrm{F}\,dv\right],$$

([1]) Séance du 12 mars 1933.

([2]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1562.

$c_1(v)$ et $c_2(u)$ étant des fonctions arbitraires de leurs arguments. L'enveloppée moyenne $(\Sigma)$ est définie par le vecteur

$$\bar{r}(u, v) = \bar{\rho} + \frac{1}{U}\frac{\partial t}{\partial u}\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial v} + \frac{1}{V}\frac{\partial t}{\partial v}\frac{\partial \bar{\rho}}{\partial v} + t\bar{n},$$

où

$$t = -\frac{F}{2}\left(\frac{1}{V}\frac{\partial \xi}{\partial v} + \frac{1}{U}\frac{\partial \eta}{\partial u}\right)$$

est l'abscisse du point central du rayon de la congruence (C). Soient $K_1$ et $ds_1^2 = E_1\,du^2 + 2F_1\,du\,dv + G_1\,dv^2$ la courbure totale et l'élément linéaire de la surface minima $(\Sigma)$. Comme (S) et $(\Sigma)$ ont une représentation sphérique commune, on a

$$K_1E_1 = 0, \qquad K_1G_1 = 0, \qquad K_1F_1 = KF.$$

En effectuant le calcul, on peut constater que l'on a $E_1 = 0$, $G_1 = 0$, $2F_1 = (1 + uv)^2 U_1 V_2$, avec

$$(\mathrm{A}) \quad \begin{cases} 2U_1 = U - \dfrac{c_2'''(u)}{U} + \dfrac{3c_2''(u)}{U^2}U' \\ \qquad + 3c_2'(u)\left[\dfrac{U''}{U^2} - \dfrac{2U'^2}{U^3}\right] + c_2(u)\left[\dfrac{U'''}{U^2} - \dfrac{6U'U''}{U^3} + \dfrac{6U'^3}{U^4}\right], \\ 2V_1 = V - \dfrac{c_1'''(v)}{V} + \dfrac{3c_1''(v)}{V^2}V' \\ \qquad + 3c_1'(v)\left[\dfrac{V''}{V^2} - \dfrac{2V'^2}{V^3}\right] + c_1(v)\left[\dfrac{V'''}{V^2} - \dfrac{6V'V''}{V^3} + \dfrac{6V'^3}{V^4}\right], \end{cases}$$

où l'accent désigne la dérivation par rapport à l'argument correspondant. Les fonctions arbitraires $c_1(v)$ et $c_2(u)$ étant connues, les formules (A) donnent *une transformation qui permet de passer de la surface minima* (S) *à la surface minima* $(\Sigma)$ *à l'aide de la congruence isotrope* (C) *définie par les formules* (1). Par exemple, en posant

$$c_1(v) = -\frac{1}{6v} + \alpha_1 v^2 + \beta_1 v + \gamma_1, \qquad c_2(u) = -\frac{1}{6u} + \alpha_2 u^2 + \beta_2 u + \gamma_2,$$

$\alpha_i$, $\beta_i$ et $\gamma_i$ étant des constantes arbitraires, *nous passons de la surface minima d'Enneper* $[U = V = 1]$ *à la surface minima de Henneberg*

$$\left[U_1 = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{u^4}\right), \qquad V_1 = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{v^4}\right)\right].$$

Inversement, les surfaces (S) et $(\Sigma)$ étant données, après avoir intégré les équations (A), on obtient $\infty^3$ congruences isotropes (C) correspondant à

ce couple de surfaces minima. Il est aisé de voir que *si la surface minima* (S) *subit une déformation à réseau conjugué persistant, la surface* ($\Sigma$), *tout en restant minima, subit une suite de transformations qui ne sont pas des déformations*, excepté le cas banal de similitude. Il est naturel de donner à ces transformations le nom de *transformations isotropes des surfaces minima*, puisqu'elles sont effectuées à l'aide d'une congruence isotrope.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation biharmonique non linéaire à deux variables indépendantes dans un domaine général.* Note [1] de M. **Alfred Rosenblatt**.

1. Considérons l'équation biharmonique à deux variables indépendantes

$$\Delta\Delta u = F(x, y, u, \ldots, u_{yy}) \tag{1}$$

étudiée dans ma Note du 22 janvier. Appliquons le procédé des approximations successives de M. Picard à l'équation (5) de cette Note en formant les intégrales

$$\begin{aligned} u_2^n(x_1, y_1) = {} & \frac{1}{8\pi}\int_{K_1} G_2(x_1, y_1; \xi_1, \eta_1) \\ & \times \{-4(u^n_{2\xi_1^2} - u^n_{2\eta_1^2})R(S) + 8u^n_{2\xi_1\eta_1}I(S) - 4u_2^n |S|^2\}\, d\xi_1\, d\eta_1 \\ & + \frac{1}{8\pi}\int_{K_1} G_2(x_1, y_1; \xi_1, \eta_1)\Psi[\xi_1, \eta_1, u_2^{n-1}(\xi_1, \eta_1), \ldots]\, d\xi_1\, d\eta_1 \\ & (n = 1, 2, \ldots), \end{aligned} \tag{2}$$

où l'on a

$$\Psi[x_1, y_1, u_2(x_1, y_1), \ldots] = K^2 F[x, y, u(x, y), \ldots]. \tag{3}$$

En intégrant par parties on obtient l'*équation intégrodifférentielle suivante :*

$$u_2^n(P) - \int u_2^n(P')K(P, P')\, dP' = f_{n-1}(P), \tag{4}$$

où l'on a

$$K(P, P') = \frac{1}{8\pi}\{-4(G_{2\xi^2} - G_{2\eta^2})R + 8G_{2\xi\eta}I - 4G_2|S|^2\}, \tag{5}$$

$$f_{n-1}(P) = \frac{1}{8\pi}\int G_2(P, P')\Psi[P', u_2^{n-1}(P')]\, dP', \quad P(x_1, y_1), \quad P'(\xi_1, \eta_1). \tag{6}$$

---

[1] Séance du 12 mars 1934.

2. Le noyau de l'équation (4) a une singularité logarithmique. La valeur $\lambda = 1$ n'est pas caractéristique. On obtient donc, d'après Fredholm et M. Hilbert, l'expression de $u_2^n(P)$ suivante :

$$(7)\quad u_2^n(P) = \frac{1}{8\pi}\int_{K_1}\left\{ G_2(P, P') + \int_{K_1}\left[ K(P, P'') - \frac{1}{\delta(1)}\sum_{h/1}^{\infty}(-1)^{h-1} \times \frac{1}{h!}\begin{vmatrix} 0 & K(P, P_1) & \dots & K(P, P_h) \\ K(P_1, P'') & 0 & \dots & \dots\dots \\ \dots\dots & . & \dots & \dots\dots \\ K(P_h, P'') & K(P_h, P_1) & \dots & 0 \end{vmatrix} \times dP_1 \dots dP_h \right] G_2(P'', P')\, dP'' \right\} \times \Psi_{n-1}(P')\, dP'.$$

En intégrant par parties on obtient l'expression suivante :

$$(8)\quad u_2^n(P) = \frac{1}{8\pi}\left\{ I^{n-1}(P) + J^{n-1}(P) - \frac{1}{\delta(1)}\sum_{h/1}^{\infty}(-1)^{h-1} \times \frac{1}{h!}\int_{(h)}\begin{vmatrix} 0 & G(P_1, P) & \dots & . \\ C^{n-1}(P_1) & 0 & \dots & . \\ \dots\dots & . & \dots & . \\ C^{n-1}(P_h) & K(P_1, P_h) & \dots & 0 \end{vmatrix} dP_1 \dots dP_h \right\},$$

$\delta(1)$ est le déterminant de Fredholm pour $\lambda = 1$ :

$$\delta(\lambda) = 1 - \delta_1\lambda + \dots,$$

$$(9)\qquad \delta_h = \frac{1}{h!}\int_h \begin{vmatrix} 0 & K(P_1, P_2) & \dots & . \\ K(P_2, P_1) & 0 & \dots & . \\ \dots\dots & . & \dots & . \\ K(P_h, P_1) & . & \dots & 0 \end{vmatrix} dP_1 \dots dP_h.$$

On a

$$(10)\qquad I^{n-1}(P) = \int G_2(P, P')\,\Psi^{n-1}(P')\,dP',$$

$$(11)\qquad J^{n-1}(P) = \int G_2(P, P')\,U^{n-1}(P')\,dP',$$

$$(12)\qquad U^{n-1}(P) = \frac{1}{8\pi}\{-4(I_{x^2}^{n-1} - I_{y^2}^{n-1})R + 8I_{xy}^{n-1}I - 4I^{n-1}|S|^2\},$$

$$(13)\qquad C^{n-1}(P) = \int K(P', P)\,U^{n-1}(P')\,dP'.$$

Nous formons aussi les différences $v_2^n = u_2^n - u_2^{n-1}$, $(n = 2, \ldots)$.

3. Supposons remplies les inégalités (7), (8) de la Note citée. Supposons $\overline{\mathrm{N}}$ donné par la formule (9) de cette Note avec $\varepsilon = 0$, de même les $\overline{\mathrm{A}}_i$ par les formules (18) avec $\varepsilon = 0$.

On a à remplacer les inégalités (10) par des inégalités

$$\mathrm{D}_i \overline{\mathrm{N}} \mathrm{R}^4 \leqq \overline{\mathrm{L}}_i \qquad (i = 0, 1, 2), \tag{14}$$

les $\mathrm{D}_i$ étant des nombres positifs obtenus en majorant (8) :

$$\mathrm{D}_i = \frac{1}{8\pi} \left\{ \mathrm{B}_0 + \mathrm{B}'_0 + \frac{\mathrm{B}''_0}{|\delta(1)|} \sum_{h|1}^{\infty} \frac{\mathrm{B}'^h}{h^{\frac{h}{2}(1-\alpha)}} \right\} \qquad \left(0 < \alpha < \frac{1}{4}\right). \tag{15}$$

Soit $\mathrm{M}_1$ un nombre positif donné par la condition

$$|\Psi(x_1, y_1, u_2^1, \ldots) - \Psi(x_1, y_1, u_2^0, \ldots)| \leqq \frac{\mathrm{M}_1}{\delta^{2+\mu}} \qquad \left(0 < \mu < \frac{1}{2};\ \delta = \mathrm{OP}\right). \tag{16}$$

On a alors pour les $v_2^n$ et leurs dérivées $v_{2,j+k}^n$ $(j + k = i = 0, 1, 2)$ des inégalités

$$|v_{2,i}^n| \leqq \frac{\mathrm{M}_1 \mathrm{A}_i}{8\pi} (\mathrm{A}_0 \overline{\mathrm{A}}_0 + 2\mathrm{A}_1 \overline{\mathrm{A}}_1 + 3\mathrm{A}_2 \overline{\mathrm{A}}_2)^{n-2} \delta^{2-\mu-i} \qquad (i = 0, 1, 2), \tag{17}$$

où les $\mathrm{A}_i$ sont donnés par les séries de la forme des $\mathrm{D}_i$.

La suite des $u_2^n$ converge absolument et uniformément vers la solution voulue pourvu que l'on ait

$$\mathrm{A}_0 \overline{\mathrm{A}}_0 + 2\mathrm{A}_1 \overline{\mathrm{A}}_1 + 3\mathrm{A}_2 \overline{\mathrm{A}}_2 < 1. \tag{18}$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classification des équations d'un système de Pfaff.* Note de M. G. **Vranceanu**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que la détermination des combinaisons intégrables d'un système de Pfaff

$$ds^h = \lambda_i^h \, dx^i = 0 \qquad (h = 1, 2, \ldots, m;\ i = 1, 2, \ldots, n), \tag{S}$$

peut se faire par des opérations algébriques, à l'aide des systèmes dérivés S′, S″, ..., de S. Or, on peut suivre une voie analogue pour déterminer les combinaisons de classe 3, de classe 5, ..., du système.

Supposons, en effet, qu'on décompose le système S dans les systèmes

(1) $$S_0, \quad S_1, \quad S_2, \quad \ldots, \quad S_p,$$

où $S_0 \equiv S'$ est le premier système dérivé de S et par conséquent contient toutes les équations de S, dont les covariants bilinéaires $\Delta s^h \pmod{ds^h}$ sont nuls. $S_1$ contient le plus grand nombre d'équations de S, dont les covariants dans S sont de rang 2, ..., $S_p$ contient des équations dont le rang dans S est $2p$, ce nombre $p \leqq \rho$, $\rho$ étant le rang de S. Il est évident que la décomposition (1), qu'on peut appeler *minimale* et qui s'obtient toujours *par des opérations algébriques*, n'est pas en général unique, car si, par exemple, $ds^1 = ds^2 = 0$ sont deux équations de S, dont les covariants ont un facteur commun, l'équation $d\sigma = \mu_1 ds^1 + \mu_2 ds^2 + \lambda_\alpha ds^\alpha = 0$, où $ds^\alpha = 0$ sont les équations de S', est aussi de rang deux dans S, quels que soient $\mu_1$, $\mu_2$, $\lambda_\alpha$, fonctions des $x$. Si $d\sigma = 0$ étant une équation de $S_q$ $(q \leqq p)$, on appelle système intégré ([1]) de $d\sigma = 0$ dans S, le système obtenu en associant à $d\sigma = 0$, $q$ équations qui annulent le covariant $\Delta\sigma \pmod{ds^h}$, nous avons le théorème :

*La décomposition minimale* (1) *du système* S *est unique, si le système dérivé* S' *est identiquement nul et si aucun des systèmes intégrés d'une des équations des* $S_1, S_2, \ldots, S_p$, *n'est contenu dans un système intégré d'une autre équation.*

Si le système S est complètement séparable ([2]), c'est-à-dire si l'on peut le décomposer de façon que les variables qui figurent dans une équation ne figurent plus dans les autres, cette décomposition est minimale et a la propriété que les covariants $\Delta s^h$, différents de zéro, n'ont pas de facteurs communs et de plus le système S possède un nombre d'équations de classe $2q+1$ égal au nombre d'équations du système $S_q (q = 0, 1, 2, \ldots, p)$. *La réciproque est vraie*, c'est-à-dire si la décomposition minimale (1) possède ces deux propriétés, S est complètement séparable. Si nous n'avons pas de système dérivé, la décomposition minimale est unique. Par conséquent, si un système complètement séparable n'a pas des combinaisons intégrables, on peut séparer ses équations par des opérations algébriques.

Si l'on remarque que le rang du covariant d'une équation de S ne peut pas décroître, quand on laisse de côté certaines équations de S, il en résulte que les équations de $S_q$ sont au moins de classe $2q+1$ et par conséquent les équations de classe $2q+1$ de S ne peuvent se trouver

([1]) Voir *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1859.
([2]) Voir MABEL GRIFFIN, *Transactions of the Am. Math. Soc.*, 35, 1933, p. 929.

que parmi les équations de $S_0$, $S_1$, ..., $S_q$. Si l'on considère le système $\overline{S}=S_0+S_1+\ldots+S_q$, et qu'on lui applique la décomposition minimale, on peut laisser de côté les systèmes $\overline{S}_{q+1}$, ..., dont les covariants, dans $\overline{S}$, sont de rang plus grand que $2q$. Ce procédé peut être continué jusqu'à ce qu'on arrive à un système $\Sigma$, dont la décomposition minimale se compose des systèmes $\Sigma_0$, $\Sigma_1$, ..., $\Sigma_q$. Si $\Sigma_0$ est nul et si aucune équation de $\Sigma$ n'a de système intégré contenu dans les systèmes intégrés des $\Sigma_q$, en particulier si $\Sigma_0 \equiv 0$ et si la décomposition $\Sigma_1$, ..., $\Sigma_q$ est unique, on peut décider par des opérations algébriques si les différentes équations de $\Sigma_q$ sont ou non de classe $2q$. Comme exemple, on peut citer le cas d'un système de deux équations de classe 6, dont les combinaisons de classe 3, s'il en existe, s'obtiennent par des opérations algébriques. Si ces conditions ne sont pas satisfaites, la question est ramenée, en général, à un système aux dérivées partielles linéaires dans des inconnues telles que $\mu_1$, $\mu_2$, $\lambda_\alpha$. Une fois décidé si une équation de $\Sigma_q$ est ou non de classe $2q$, on peut la laisser de côté et appliquer aux équations restantes le même procédé.

En cherchant ainsi en premier lieu les combinaisons intégrables, puis les équations de classe 3, puis celles de classe 5, etc., nous avons la possibilité qui, dans certains cas qu'on peut encore préciser, dépend seulement d'opérations algébriques, de faire une classification des équations de S, suivant leurs classes. Naturellement, tant le nombre des équations des systèmes $S_1$, $S_2$, ..., $S_p$ et des divers systèmes $\Sigma_1$, ..., $\Sigma_q$, que le nombre d'équations de classe 3, de classe 5, etc., sont *des invariants de* S.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la régularité des transformations d'un groupe continu simplement transitif.* Note de M. **B. de Kerékjártó**, présentée par M. Élie Cartan.

J'ai donné ([1]), une définition de la régularité d'une transformation qui s'applique à des espaces métriques compacts, que voici : une transformation topologique $t$ d'un espace métrique compact E en soi-même est appelée *régulière* au point P de E, si les puissances de $t$ sont uniformément continues au point P, c'est-à-dire si pour $\varepsilon > 0$ arbitraire, il y a un $\delta > 0$ tel que pour chaque point Q dont la distance de P est inférieure à $\delta$, la dis-

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 317-320.

tance des images $t^n(P)$ et $t^n(Q)$ est inférieure à $\varepsilon$, pour $n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$.

Voici une autre définition qui s'applique à des espaces topologiques généraux, équivalente à la première pour le cas des espaces métriques compacts. Soit E un espace topologique quelconque; nous définissons ses *éléments de frontière* et leurs voisinages ([1]). Soit $t$ une transformation topologique de E en soi-même; nous désignons par $P^n$ l'image du point P par $t^n$, et par $\{P^n\}$ l'ensemble des points $P^n (n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots)$. Nous définissons un système de voisinages $\{U^n\}$ de $\{P^n\}$ de la façon suivante : Soit R un point quelconque de $\{P^n\}$, ou un point ou élément de frontière appartenant au dérivé de $\{P^n\}$; pour chaque R, nous prenons un voisinage arbitraire $V_R$ de R. Nous définissons le voisinage $U^n$ de $P^n$ comme la somme des voisinages $V_R$ qui contiennent le point $P^n$. Si pour tout système de voisinages $\{U^n\}$ de $\{P^n\}$, il existe un voisinage $U^*$ de P tel que pour chaque point Q de $U^*$, et pour tout $n$, le point $Q^n = t^n(Q)$ appartient à $U^n$, nous disons que la transformation $t$ est *régulière* au point P.

Nous allons démontrer le théorème suivant :

*Toute transformation d'un groupe continu d'ordre fini est régulière en chaque point de l'ensemble paramétrique* ([2]).

Soit T une transformation du groupe, différente de l'identité I. Il suffit de démontrer que T est régulière au point I. Supposons le contraire; soit donc $\{U^n\}$ un système de voisinages de l'ensemble $\{T^n(I)\} = \{T^n\}$; il y aurait une suite de transformations du groupe $S_1, S_2, \ldots$ tendant vers I et des nombres entiers $n_1, n_2, \ldots$ tels que $T^{n_k}(S_k)$ est extérieur à $U^{n_k}$ pour $k = 1, 2, \ldots$.

*Premier cas.* — Si l'ensemble $T^{n_k}(S_k) (k = 1, 2, \ldots)$ admet un point d'accumulation $\Theta$ dans le groupe, nous choisissons une suite partielle qui converge vers $\Theta$; nous la désignons par les mêmes symboles. Comme $T^{n_k}(S_k) = S_k T^{n_k}(I)$, on a les relations $S_k^{-1} \to I$ et $S_k T^{n_k} \Theta^{-1} \to I$; en multipliant les deux suites terme à terme, on conclut que la suite $T^{n_k}\Theta^{-1}$ tend aussi vers I, c'est-à-dire que la suite $T^{n_k}$ tend vers $\Theta$. Ainsi, $\Theta$ appartient au dérivé de $\{T^n\}$. Soit $V_\Theta$ le voisinage ordonné à $\Theta$ à propos de la détermination du système $\{U^n\}$. $V_\Theta$ contient les points $T^{n_k}$, à partir d'un certain

---

([1]) B. DE KERÉKJÁRTÓ, *Vorlesungen über Topologie*, 1923, p. 164 (Berlin, Springer); H. FREUDENTHAL, *Math. Zeitschr.*, 33, 1931, p. 692-713.

([2]) Concernant les notions sur les groupes continus, voir E. CARTAN, *Mém. Sc. math.*, 42, 1930, p. 6 et suiv.

indice $k$, et par définition, $U^{n_k}$ contient alors le voisinage $V_\Theta$. Comme la suite $S_k T^{n_k}$ converge vers $\Theta$, les points $S_k T^{n_k} = T^{n_k}(S_k)$ appartiennent, à partir d'un certain indice $k$, à $V_\Theta$, et, par conséquent, aussi à $U^{n_k}$; c'est en contradiction avec notre hypothèse.

*Deuxième cas.* — Si l'ensemble $T^{n_k}(S_k)$ n'admet aucun point d'accumulation dans le groupe, comme $T^{n_k}(S_k)$ est extérieur à $U^{n_k}$ tandis que $T^{n_k}(I)$ est intérieur à $U^{n_k}$, sur une ligne continue qui joint les points I et $S_k$, il y a un point $S_k^*$ dont l'image par $T^{n_k}$ appartient à la frontière de $U^{n_k}$. Si nous choisissons les lignes joignant I et $S_k$ en des voisinages suffisamment petits de I, la suite $S_1^*$, $S_2^*$, ... tend aussi vers I. L'ensemble $S_k^* T^{n_k}$ admet un point d'accumulation, au moins dans le groupe. Car autrement, l'ensemble $S_k^* T^{n_k}$ admet au moins un élément de frontière R comme élément d'accumulation. Si R n'appartient pas au dérivé de $\{T^{n_k}\}$, il y a un voisinage de R qui ne contient ni un point, ni un point d'accumulation des voisinages $U^{n_k}$; c'est une contradiction. Mais si l'élément de frontière R appartient au dérivé de $\{T^{n_k}\}$, soit $T^{n_1}$, $T^{n_2}$, ... une suite extraite qui converge vers R; à partir d'un certain indice, les voisinages $U^{n_k}$ contiennent un voisinage fixe $V_R$ de R; d'autre part, les points $S_k^* T^{n_k}$ appartiennent à $V_R$, à partir d'un certain indice. C'est en contradiction avec notre hypothèse d'après laquelle les points $S_k^* T^{n_k}$ se trouvent sur les frontières des $U^{n_k}$. Après avoir ainsi démontré que l'ensemble $S_k^* T^{n_k}$ admet un point d'accumulation, au moins, dans le groupe, le deuxième cas a été réduit au premier.

Le théorème que nous venons de démontrer révèle, malgré la simplicité de la démonstration, une propriété importante des transformations appartenant à un groupe continu simplement transitif. La condition qu'une transformation soit partout régulière dans son domaine d'opération est bien restrictive; elle exclut une foule de transformations qui jouissent des autres propriétés connues des transformations appartenant à un groupe continu simplement transitif.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété nouvelle des ensembles mesurables* B. Note de M. **N. Lusin**, présentée par M. Émile Borel.

1. *Méthode de descente indéfinie dans la théorie des fonctions.* — L'une des idées fondamentales que nous devons à Pierre Fermat, c'est la démonstration de certaines propositions de la théorie des nombres au moyen de la

descente indéfinie : une propriété est vraie pour *tous* les entiers positifs, si, la nier pour un certain entier positif, conduit à admettre qu'il existe un entier positif essentiellement plus petit pour lequel cette propriété est encore fausse. Je me contenterai de rappeler ce principe de Fermat, ne voulant pas aborder le fond de la question difficile s'il est ou non équivalent à l'induction, par passage de $n$ à $n+1$.

On doit à un principe analogue de descente indéfinie la démonstration de certains théorèmes de la théorie des fonctions qu'on ne sait pas démontrer autrement. Voici en quoi consiste ce principe.

Considérons une propriété P des ensembles de points, vraie pour certains de ces ensembles et fausse pour les autres, exprimée sous la forme d'une phrase, $P = ph(\ )$, écrite en un nombre fini de mots. *Cette propriété* P *est vraie pour un ensemble donné* E, *si*, *la nier pour une partie quelconque* $E'$ *de* E, *conduit à admettre qu'il existe une partie aliquote* $E_1$ *de* $E'$ *d'une nature particulière pour laquelle cette propriété est encore fausse*, *et si la descente infinie* $E > E_1 > E_2 \ldots$ *est impossible*.

Il importe de remarquer que, dans le domaine des entiers positifs, nous n'avons aucune nécessité de démontrer l'impossibilité de la descente infinie, puisque cette impossibilité s'impose par la nature même des entiers positifs. Au contraire, dans le cas des ensembles, l'impossibilité de la descente infinie doit être chaque fois soigneusement établie.

Pour appliquer la méthode de descente indéfinie dans le domaine des ensembles, on fait ordinairement correspondre à chaque intervalle de Baire $\delta'$ situé dans $(0, 1)$ une partie $E'$ de l'ensemble donné E de manière que si un intervalle de Baire $\delta''$ diffère de $\delta'$ et lui appartient, l'ensemble correspondant $E''$ soit une partie aliquote de $E'$. Appelons *bon* tout intervalle de Baire $\delta'$ pour lequel l'ensemble correspondant $E'$ vérifie la propriété proposée P. Dans ces conditions, si chaque intervalle de Baire faisant partie d'un intervalle bon est encore bon et si tout point irrationnel de $(0, 1)$ appartient à un intervalle bon, l'impossibilité de la descente infinie formée d'intervalles mauvais est manifestement assurée.

2. Un des exemples les plus classiques d'application de la méthode de descente indéfinie dans le domaine des ensembles est fourni par la démonstration que M. Émile Borel a donnée au théorème : *l'ensemble des nombres réels compris entre* 0 *et* 1 *n'est pas dénombrable*.

Prenons comme point de départ une suite infinie, supposée possible,

$$x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n, \ldots$$

numérotée au moyen des entiers positifs et formée de tous les nombres

réels de (0, 1). Définissons dans (0, 1) un petit segment fermé $\sigma_1$ qui ne contient pas le point $x_1$. Opérons de même sur $\sigma_1$ et définissons dans $\sigma_1$ un petit segment fermé $\sigma_2$ qui ne contient pas le point $x_2$, et ainsi de suite. Si l'on opère de la même manière indéfiniment, on obtient la *descente infinie* $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \ldots$ formée par des segments fermés, emboîtés les uns dans les autres. Or, la descente *infinie* est ici précisément impossible, puisqu'un point $x$ qui appartient à la partie commune aux segments $\sigma_1, \sigma_2, \ldots$ doit avoir un numéro entier positif bien déterminé.

C. Q. F. D.

Depuis, la méthode de descente indéfinie dans le domaine des ensembles a été employée plusieurs fois dans les travaux de MM. Hausdorff, Sierpinski et Ch. de la Vallée Poussin. Je me bornerai ici à l'exemple du théorème : *deux ensembles analytiques* E *et* E′ *sans point commun sont séparables* B.

Soient $x = f(t)$ et $x' = g(t')$ les représentations paramétriques continues respectives des ensembles E et E′. A chaque point $M(t, t')$ du carré fondamental correspond un couple $(x, x')$ de points de E et E′, et à chaque rectangle de Baire $r$ correspond un couple $(E_r, E'_r)$ de parties de E et E′ obtenues en faisant parcourir au point M le rectangle $r$. Nous dirons que $r$ est *singulier* si $E_r$ et $E'_r$ ne sont pas séparables B, et l'on voit bien que chaque rectangle $r$ singulier contient nécessairement un rectangle $r_1$ de Baire d'ordre suivant qui est encore singulier. Donc si E et E′ ne sont pas séparables B, on obtient la *descente infinie* $r_1, r_2, r_3, \ldots$, formée par des rectangles emboîtés les uns dans les autres. Or, la descente infinie est ici impossible puisque $E_{r_n}$ et $E'_{r_n}$ tendent vers deux points *différents* fixes $x_0$ et $x'_0$ correspondant au point $M_0$ intérieur aux $r_n$.

3. *Propriété nouvelle des ensembles mesurables* B. — Voici maintenant une application nouvelle de la méthode décrite de descente indéfinie.

Nous dirons que deux ensembles plans sans point commun E et $\mathcal{E}$ sont *mutuellement enchevêtrés* s'il existe sur l'axe OY un ensemble H non dénombrable tel que : quelle que soit la décomposition de H en deux parties $H_1$ et $H_2$, on a toujours une droite $x = x_0$ qui coupe E et $\mathcal{E}$ en deux ensembles linéaires $E_0$ et $\mathcal{E}_0$ dont les projections sur l'axe OY séparent $H_1$ et $H_2$.

La propriété dont il s'agit consiste dans la proposition :

Théorème. — *Un ensemble mesurable* B *et son complémentaire ne sont jamais mutuellement enchevêtrés*.

Cette proposition permet d'attaquer certains problèmes difficiles de la théorie des fonctions inabordables par une autre voie.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un théorème sur les polynomes et son application à la théorie des fonctions quasi analytiques.* Note de M<sup>lle</sup> **H. Szmuszkowiczowna**, présentée par M. Émile Borel.

I. *Soit* A *un ensemble borné, fermé de capacité* $\tau > 0$. *Il existe un point* $z_0 \in A$ *et une famille de domaines* $U(\lambda)$, $\lambda > 0$ *telle que :* 1° $z_0 \in U(\lambda)$; 2° *si* $P_n(z)$ *est un polynome de degré n, satisfaisant pour* $z \in A$ *à l'inégalité* $|P_n(z)| \leqq L$, *alors on a* $|P_n(z)| \leqq L(1+\lambda)^n$ *pour* $z \in U(\lambda)$.

Soit $z_0$ un point régulier de l'ensemble A, un tel point existe d'après le théorème de Kellog-Vasilesco [1]. Soient $g(z)$ la fonction de Green de l'ensemble A relative au point à l'infini, $U(\lambda)$ le domaine défini par $g(z) < \log(1+\lambda)$, $\lambda > 0$. Le point $z_0$ étant un point de continuité de la fonction de Green, la condition 1° est remplie. Désignons par $m_n$ le maximum en valeur absolue sur A du $n^{\text{ième}}$ polynome de Tchebichef attaché à A, par $a_n$ le coefficient de $z^n$ dans $P_n(z)$, par $h(z)$ la fonction conjuguée de $g(z)$ et posons $f(z) = P_n(z)e^{-n[g(z)+ih(z)]}$. Le maximum de $|P_n(z)|$ sur A est $\geqq |a_n| m_n$, donc $|a_n \leqq L/m_n$. L'inégalité évidente $m_k^2 \geqq m_{2k}$ et la relation de Szego [2] $\tau = \lim \sqrt[k]{m_k}$ entraînent $\tau^n \leqq m_n$; $g(z)$ étant positive à l'extérieur de A et la différence $g(z) - \log|z| + \log\tau$ étant nulle à l'infini, on aura

$$\overline{\lim_{z\to A}} |f(z)| \leqq L, \qquad \lim_{z\to\infty} |f(z)| = |a_n| \tau^n \leqq \frac{L\tau^n}{m^n} \leqq L;$$

$f(z)$ étant holomorphe et de module uniforme dans tout le plan à l'exception de A et du point à l'infini, on a $|f(z)| \leqq L$ dans tout le plan. Donc pour $z \in U(\lambda)$ on aura $|P_n(z)| \leqq Le^{n\log(1+\lambda)} = L(1+\lambda)^n$. C. Q. F. D.

Le théorème démontré peut être appliqué à l'étude du problème d'unicité des fonctions quasi analytiques dans le sens de M. Bernstein.

II. *Soit* $F(x)$ *une fonction de variable réelle quasi analytique dans le sens de M. Bernstein dans l'intervalle* $0 \leqq z \leqq 1$. *Si* $F(x)$ *est nulle dans un ensemble* B *de capacité positive, elle est identiquement nulle.*

D'après la supposition, il existe une suite d'entiers croissants $\{m_k\}$, une suite $\{Q_{m_k}(z)\}$ de polynomes de degré $m_k$ respectivement et deux cons-

---

(1) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 526, et *Journ. Math. pures et appl.*, 9e série, **9**, 1930, p. 94.

(2) *Math. Zeitschr.*, **21**, 1924, p. 203.

tantes M et $\vartheta < 1$ telles qu'on a dans l'intervalle $(0, 1)$

$$|F(z) - Q_{m_k}(z)| < M\vartheta^{m_k}.$$

Donc pour $z \in B$, $|Q_{m_k}(z)| < M\vartheta^{m_k}$. D'après I, il existe un $z_0 \in B$ et un domaine $U(1-\vartheta)$ contenant $z_0$ tel que pour $z \in U(1-\vartheta)$ et toute valeur de $k$ on aura $|Q_{m_k}(z)| < M(2\vartheta - \vartheta^2)^{m_k}$. Comme $2\vartheta - \vartheta^2 < 1$, il en résulte $\lim\limits_{k=\infty} Q_{m_k}(z) = 0$ pour $z \in U(1-\vartheta)$. Le domaine $U(1-\vartheta)$ contenant un point de l'intervalle $(0, 1)$ contient un sous-intervalle I de cet intervalle. Comme dans I, $F(z) = \lim\limits_{k=\infty} Q_{m_k}(z)$, on a $F(z) = 0$ dans I; donc, d'après les résultats de M. Bernstein, $F(x)$ est identiquement nulle.

C. Q. F. D.

MÉCANIQUE. — *Sur la réfraction et la réflexion des ondes.* Note de M. **E. Vessiot**, présentée par M. Henri Villat.

La théorie de la propagation par ondes que j'ai donnée autrefois permet de généraliser, pour des milieux quelconques, les lois classiques de la réflexion et de la réfraction. J'indiquerai ici les résultats relatifs à la réfraction : la réflexion en est, au fond, un cas particulier. Je supposerai, pour simplifier, que la nature du milieu ne dépend pas du temps. L'extension à l'espace à $n$ dimensions serait, d'autre part, immédiate.

1. Je dois rappeler d'abord quelques points essentiels de ma théorie. La nature d'un milieu (M) est définie par la famille des *surfaces d'onde* $\Omega_A$ qui ont ses divers points pour origines. Soient $x_1$, $x_2$, $x_3$ les coordonnées (rectangulaires) de A, et

$$(1)\qquad \Omega(x_1, x_2, x_3 / \xi_1, \xi_2, \xi_3) = 1,$$

$$(2)\qquad \Pi(x_1, x_2, x_3 / p_1, p_2, p_3) = 1$$

les équations, ponctuelle et tangentielle, de $\Omega_A$ (rapportée à son origine) : $\Omega$ et $\Pi$ sont homogènes, de degré 1, par rapport aux coordonnées courantes $\xi_i$ et $p_i$, de sorte qu'on représente ainsi une nappe de la surface d'onde n'ayant qu'un point sur chaque rayon et un plan tangent parallèle à chaque plan.

La propagation se fait par *éléments de contact* $(x_1, x_2, x_3; p_1, p_2, p_3)$. La loi en est donnée par la *transformation infinitésimale de contact*, homogène, $(\Pi, f)$, c'est-à-dire par le système canonique.

$$(3)\qquad \xi_i = \frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial \Pi}{\partial p_i}, \qquad \frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial \Pi}{\partial x_i} \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Les $\xi_i$ satisfont à (1) et les $p_i$ à (2). Les trajectoires des points $(x_1, x_2, x_3)$, ainsi définies, sont les *rayons* de la propagation, curvilignes en général. L'élément de contact demeure *pseudo-orthogonal* au rayon, c'est-à-dire, pour chaque point A du rayon, parallèle au plan tangent à $\Omega_A$ au point $(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$, extrémité de la vitesse $\vec{U}$ de A.

Pour une onde quelconque, $t = f(x_1, x_2, x_3)$, qui se propage, on a $p_i = \partial f / \partial x_i$. Les ondes sont ainsi définies par (2), considérée comme équation aux dérivées partielles. La *vitesse de propagation* (normale) de l'onde, $\vec{V}$, a même direction que le *vecteur-indice* $\vec{N}$, de composantes $p_i$, et les grandeurs $v$ et $n$ de ces deux vecteurs sont inverses ($vn = 1$). On a, pour les grandeurs $u$ de $\vec{U}$ et $v$ de $\vec{V}$, en fonction de leurs cosinus directeurs, $\alpha_i$ et $\lambda_i$,

$$(4) \qquad \frac{1}{u} = \Omega(x_1, x_2, x_3 / \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), \qquad v = \frac{1}{n} = \Pi(x_1, x_2, x_3 / \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3).$$

Toute équation aux dérivées partielles $H(x_1, x_3, x_3 / p_1, p_2, p_3)$ peut être, inversement, considérée comme l'équation tangentielle d'une famille de surfaces d'onde $\Omega_A$. Les résultats qui suivent, comme les précédents, s'appliquent ainsi aux propagations d'ondes de discontinuités de la mécanique et de la physique, par l'intermédiaire de l'*équation aux caractéristiques* du système différentiel qui régit le phénomène. Les formules (4) donnent la généralisation la plus large d'un théorème classique d'Hugoniot.

2. Ceci rappelé, considérons le passage d'une onde d'un milieu (M) dans un milieu (M′) à travers une surface dirimante $\Sigma$ quelconque. En chaque point d'incidence A de $\Sigma$, nous aurons à introduire les surfaces d'onde $\Omega_A$ et $\Omega'_A$ de (M) et de (M′). En admettant que la réfraction se fait conformément au *principe des ondes enveloppes*, on trouve qu'en chaque point d'incidence, *la différence géométrique des vecteurs-indices de l'onde incidente et de l'onde réfractée est parallèle à la normale à la surface dirimante.*

De là résulte que les *lois de Descartes subsistent, pourvu qu'on les applique aux normales aux fronts d'onde*, et non pas, en général, aux rayons. Pour ceux-ci, il faut faire intervenir le point R où la direction du rayon incident perce $\Omega_A$ et le point R′ où la direction du rayon réfracté perce $\Omega'_A$. *Les plans tangents à* $\Omega_A$ *en* R *et à* $\Omega'_A$ *en* R′ *se coupent dans le plan tangent à* $\Sigma$ *en* A. C'est encore la généralisation d'une construction classique.

On trouve, de plus, que ces résultats traduisent aussi le *principe de*

*minimum de Fermat*. De sorte qu'ici encore *chacun des deux principes, d'Huygens et de Fermat, entraîne l'autre*.

On démontre enfin que le *théorème de Malus est encore vrai* : toute congruence de rayons *pseudo-normaux dans* (M) à $\infty^1$ surfaces se réfracte suivant une congruence de rayons *pseudo-normaux dans* (M') à $\infty^1$ surfaces, et réciproquement.

3. Supposons que la surface dirimante se déplace et se déforme dans le temps. Soient $F(x_1, x_2, x_3) = t$ son équation, et $\vec{G}$ le gradient de F. On trouve que, dans ce cas, *les extrémités de* $\vec{G}$ *et des vecteurs-indices* $\vec{N}$ *et* $\vec{N}'$ *sont en ligne droite*. La loi du plan d'incidence subsiste encore pour les normales aux deux ondes; la relation des sinus devient

$$\frac{\sin i'}{n} - \frac{\sin i}{n'} = \frac{1}{g}\sin(i' - i) \qquad \text{ou} \qquad v\sin i' - v'\sin i = w\sin(i' - i), \tag{5}$$

$g$ étant la grandeur de $\vec{G}$ et $w$ la grandeur de la vitesse normale de déplacement $\vec{W}$ de $\Sigma$.

Quant aux rayons, on trouve, avec les notations du n° 2 que *les plans respectivement tangents à* $\Omega_A$ *en* R *et* $\Omega'_A$ *en* R' *se coupent dans le plan perpendiculaire à* $\vec{W}$ *en son extrémité*.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une manière d'envisager l'étude des mouvements plans avec sillage, indépendamment de la théorie des fonctions de variable complexe*. Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Henri Villat.

Une manière d'envisager l'étude des mouvements avec sillage à *trois* dimensions consiste à essayer, auparavant, de faire l'étude des mouvements plans eux-mêmes, sans s'appuyer sur la théorie des fonctions de variable complexe, afin que cette étude puisse s'étendre à l'espace.

Considérons, pour fixer les idées, un mouvement plan symétrique, à obstacle unique rencontrant l'axe $z'z$ au point O, et soit $(z, r)$ le point variable. On sait que l'inclinaison $\theta$ de la vitesse est harmonique dans le domaine D occupé par le fluide en mouvement, qu'elle prend sur le contour, comme valeur, l'angle de celui-ci avec O$z$ et que la ligne de jet ($\lambda$) est caractérisée par ce que, sur elle, on a $d\theta/dn = 0$ (1). Si l'on

(1) Florin Vasilesco, *Comptes rendus*, 196, 1932, p. 896.

connaissait l'expression analytique de la dérivée normale, dans le problème de Dirichlet, pour le domaine D dont une partie du contour, ($\lambda$), est inconnue, il suffirait de l'égaler à zéro pour obtenir une équation dont ($\lambda$) serait solution. Mais on ne connaît pas cette expression. On peut cependant utiliser une *méthode indirecte* qui consiste à employer une *relation connue* contenant $d\theta/dn$ et à y faire $d\theta/dn = 0$. On aurait encore une équation que satisferait ($\lambda$), mais dont toutes les solutions ne seraient plus, *a priori*, de telles lignes. On peut cependant serrer de très près la vérité.

Prenons pour cette relation connue la formule de Green relative au domaine D, limité par un arc de cercle de rayon R, qui tendra vers l'infini, et à deux fonctions $\theta$ et $\psi$, harmoniques. Appelons $P_1$ le point *inconnu* de détachement de ($\lambda$), et $P_0$ un point de l'obstacle S tel que $P_1$ se trouve, d'une façon *certaine* à l'*intérieur* de l'arc $OP_0$. Un tel point existe sur la face L de S, en contact avec le fluide, et peut être désigné à l'avance. Puisqu'on ne connaît pas $d\theta/dn$ sur $z'O$ et sur $OP_1$, et qu'on sait seulement que ($\lambda$) est extérieur au domaine $\Delta$ des points situés en aval et d'ordonnées inférieures à celle de $P_0$, on est obligé de prendre pour $\psi$ une fonction : 1° nulle sur $z'O$; 2° nulle sur $OP_0$; 3° nulle à l'infini comme $1/R$; 4° harmonique à l'extérieur de l'obstacle. A la vérité, elle pourrait avoir des singularités dans $\Delta$, mais, pour la commodité de la suite, on doit restreindre ainsi la famille (F) des fonctions utilisées. Comme on sait calculer la dérivée normale dans le problème de Dirichlet et dans le cas du cercle [1], on saura calculer $d\psi/dn$ si l'on fait une transformation conforme $\zeta = f(Z)$ du plan $Z = z + ir$ sur le plan $\zeta = x + iy$, avec conservation du point à l'infini et de l'origine, L devenant un cercle de rayon *un*. Les portions en aval et en amont de l'axe réel se correspondent avec les mêmes parties sur ($\zeta$). Les fonctions $\psi$ deviennent des fonctions $\Phi$ qui, d'après un résultat de Fatou [2], sont données par une intégrale de Poisson. Elles s'obtiennent en prenant pour fonction, sous le signe intégrale, une fonction sommable quelconque $\sigma(s)$ sur l'arc $(O, s_0)$ du cercle, $s_0$ étant l'argument de $p_0$ l'homologue de $P_0$, et nulle sur $p_0O$, et ayant des valeurs égales et de signes contraires sur le demi-cercle inférieur. L'équation du problème devient, sur le plan du cercle,

$$\int_{Op_1} \theta_l \frac{d\Phi}{dn}\, ds + \int_{(\gamma)} (\operatorname{arc\,tang} y' - \alpha) \frac{d\Phi}{dn}\, ds = 0,$$

---

(1) Voir FLORIN VASILESCO, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1549, formule (B').

(2) *Acta mathematica*, **30**, 1906, p. 349.

$\alpha$ étant l'argument de $f'(Z)$, $\theta_l$ ayant une signification évidente, et $(\gamma)$ étant la transformée de $(\lambda)$. Remarquons que la transformation conforme est toute accessoire, et est même *inutile* si L est un *cercle*. Ce calcul fait, on peut écrire l'équation précédente sous la forme $1/2\pi\int_0^{s_0}\sigma(s)G(s)\,ds=0$. Comme elle doit avoir lieu quelle que soit $\sigma(s)$, donc la fonction $\psi$ de (F), on conclut, d'après le lemme fondamental du Calcul des Variations, que $G(s)$ doit être nul. Ce $G(s)$ peut recevoir des formes diverses. On peut l'écrire, si $\tau_1$ est l'argument de $p_1$ compté de o, en sens inverse, et $(\rho, t)$ les coordonnées polaires par rapport au centre du cercle :

$$\int_1^{\infty}(t+\operatorname{arc\,tang}\rho t'-\alpha)\left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial A}{\partial t}-\rho t'\frac{\partial A}{\partial t}\right)d\rho+\frac{1}{2}\int_0^{\tau_1}\theta_l(\tau)\left[\frac{1}{\cos^2\frac{\tau+s}{2}}-\frac{1}{\cos^2\frac{\tau-s}{2}}\right]d\tau=0,$$

où $A=\dfrac{\rho^2-1}{1+\rho^2-2\rho\cos(s-t)}-\dfrac{\rho^2-1}{1+\rho^2-2\rho\cos(s+t)}$.

En opérant une intégration par parties, on peut énoncer ce résultat :

*Déterminer* $(\lambda)$ *revient à déterminer une ligne* $(\gamma)$ (sa transformée) *sans point multiples, partant d'un point du cercle* $p_1$, *qui n'est pas fixé à l'avance, et allant à l'infini, de telle manière que l'angle* $\theta=\operatorname{arc\,tang}y'-\alpha$ *aille en décroissant jusqu'à zéro, et que l'on ait*

$$\int_{0p_1(\gamma)}\left\{\frac{2-\left(\rho+\frac{1}{\rho}\right)\cos(t+s)}{\left[\rho+\frac{1}{\rho}-2\cos(t+s)\right]^2}+\frac{2-\left(\rho+\frac{1}{\rho}\right)\cos(t-s)}{\left[\rho+\frac{1}{\rho}-2\cos(t-s)\right]^2}\right\}d\theta=-\theta(0)\frac{1}{2\cos^2\frac{s}{2}},$$

*pour tout* $s$, $0\leqq s\leqq s_1$. *C'est l'équation fondamentale du problème* (¹).

Faisons remarquer que le cas *le plus simple* que comporte la méthode présente est celui du *cercle*. *L'équation précédente peut alors s'écrire ainsi*

$$\int_{\frac{\pi}{2}-\tau_1}^{0}\left\{\frac{2-\left(\rho+\frac{1}{\rho}\right)\cos(t+s)}{\left[\rho+\frac{1}{\rho}-2\cos(t+s)\right]^2}+\frac{2-\left(\rho+\frac{1}{\rho}\right)\cos(t-s)}{\left[\rho+\frac{1}{\rho}-2\cos(t-s)\right]^2}\right\}d\theta$$
$$=-\frac{\pi}{4\cos^2\frac{s}{2}}+\frac{1}{2}\left[\operatorname{tang}\frac{\tau_1+s}{2}+\operatorname{tang}\frac{\tau_1-s}{2}\right].$$

---

(¹) On peut rapprocher cette équation de celle à laquelle conduit la méthode classique. Voir H. VILLAT, *Mécanique des fluides*, p. 150, Paris, Gauthier-Villars, 1930.

Le cas du cercle est à cette méthode, ce qu'est le cas de la lame à la méthode classique de MM. Levi-Civitá et Villat. Il est donc permis d'espérer que l'étude de l'équation précédente contribuera à résoudre le cas du cercle, qui n'est pas résolu encore par la méthode classique.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Quelques remarques sur la stabilité à la Poisson au sens de Poincaré.* Note (¹) de M. **Antoine Appert**, présentée par M. Élie Cartan.

1. En relisant les pages que M. Picard (*Traité d'Analyse*, III, 1928, p. 611-616, Paris, Gauthier-Villars) consacre à la stabilité à la Poisson au sens de Poincaré, nous avons été amené à préciser davantage les hypothèses et les conclusions de ce travail en utilisant la notion de *mesure* au sens de M. Lebesgue. L'objet de cette Note est d'exposer quelques résultats, nouveaux à notre connaissance, auxquels cette étude nous a conduit, et en particulier de montrer que dans le domaine où a lieu la stabilité à la Poisson, *presque toutes* les trajectoires jouissent d'une stabilité en quelque sorte *plus grande* que la stabilité envisagée par Poincaré et M. Picard.

2. Nous nous plaçons dans l'espace à $n$ dimensions des points $x$ définis chacun par $n$ coordonnées réelles $x_1, x_2, \ldots, x_n$. Si E est un ensemble de points $x$, nous désignerons par mes. E la *mesure* à $n$ dimensions au sens de M. Lebesgue de l'ensemble E supposé mesurable (mes. E se réduit au volume à $n$ dimensions dans le cas où E est un domaine rectangulaire).

Envisageons alors le système d'équations différentielles

$$\frac{dx_i}{dt} = X_i(x_1, x_2, \ldots, x_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Nous pouvons considérer ce système comme définissant dans l'espace à $n$ dimensions le mouvement d'une molécule en fonction du temps $t$; nous poserons alors le long des trajectoires intégrales du système $x = f(x_0, t)$, le point $x$ de coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_n$ représentant la position à l'instant $t$ de la molécule qui se trouve en $x_0$ à l'instant o.

Nous ferons sur la nature des fonctions $X_i$ la seule hypothèse qu'il est possible de définir dans l'espace des points $x$ un ensemble D appelé *domaine de stabilité* et jouissant des propriétés 1°, 2°, 3° et 4° suivantes :

(¹) Séance du 12 mars 1934.

1° D a une mesure à $n$ dimensions qui est *finie et* $\neq 0$ (*l'ensemble* D *peut d'ailleurs être non borné*).

2° Par chaque point $x$ de D (ce point $x$ étant envisagé par exemple pour $t = 0$) passe une trajectoire intégrale unique du système. Cette trajectoire est bien définie lorsque $t$ varie de $-\infty$ à $+\infty$ et elle appartient tout entière à D.

3° La fonction $x = f(x_0, t)$ est continue dans D, non seulement par rapport à $t$, mais aussi par rapport à $x_0$.

4° Le système d'équations différentielles donné admet dans D un *invariant intégral unitaire à n* dimensions.

Nous entendons cette notion d'invariant intégral de la manière très précise suivante : soit E un ensemble appartenant à D; si l'on se déplace le long des trajectoires depuis l'instant 0 jusqu'à un instant $t$, l'ensemble E deviendra un ensemble $E_t$. Nous dirons que le système d'équations différentielles donné admet dans D un *invariant intégral unitaire* à $n$ dimensions si mes. $E_t$ est une constante indépendante du temps $t$ toutes les fois que E est un ensemble borné et fermé appartenant à D.

M. Picard, dans l'exposé cité plus haut, admet explicitement ou implicitement les hypothèses 1°, 2° et 3°; pour l'hypothèse 4° il se contente de supposer la constance de mes. $E_t$ toutes les fois que E est un « volume », prenant, semble-t-il, ce mot volume dans un sens tout à fait intuitif. Notre hypothèse 4° est donc en apparence plus restrictive que celle de M. Picard, mais en réalité il n'en est rien; nous avons en effet établi que :

Théorème I. — *Si* mes. $E_t$ *est indépendante du temps t pour tous les domaines rectangulaires* E *appartenant à un ensemble borné et ouvert* K *donné, alors* mes. $E_t$ *est aussi indépendante de t pour tous les ensembles bornés et fermés* E *appartenant à* K.

Les hypothèses admises dans cette Note ne sont donc *pas plus restrictives* que celles de M. Picard, et c'est ce qui fait l'intérêt des résultats que nous allons obtenir. Nous concluons en particulier du théorème I et des propriétés classiques des invariants intégraux que notre hypothèse 4°, au sens très précis où nous l'entendons, sera réalisée si les $X_i$ admettent des dérivées partielles continues et si

$$\frac{\partial X_1}{\partial x_1} + \frac{\partial X_2}{\partial x_2} + \ldots + \frac{\partial X_n}{\partial x_n} = 0.$$

3. L'existence d'un domaine de stabilité D satisfaisant aux conditions 1°, 2°, 3° et 4° étant admise, nous avons établi que :

THÉORÈME II. — *Dans tout ensemble mesurable* $\omega$ *dont la mesure à n dimensions est* $\neq 0$ *et qui appartient au domaine de stabilité* D, *il existe au moins un point* $x$ *jouissant de la propriété suivante :*

$P_\omega$. *La molécule qui occupe le point* $x$ *à l'instant* 0 *se retrouve dans* $\omega$ *pour une infinité de valeurs de t positives et négatives aussi grandes que l'on veut en valeur absolue.*

THÉORÈME III. — *De plus, dans les mêmes conditions, l'ensemble des points de* $\omega$ *qui ne jouissent pas de la propriété* $P_\omega$ *est de mesure (à n dimensions) nulle.*

Poincaré et M. Picard (Ouvrage cité, p. 611-616) démontrent les théorèmes II et III quand $\omega$ est un « volume » au sens intuitif.

4. Dire qu'un point $x$ jouit de la propriété $P_\omega$, c'est dire que la trajectoire issue du point $x$ possède une stabilité en quelque sorte *relative* à l'ensemble $\omega$. S'il existait un point $x$ jouissant de la propriété $P_\omega$ pour des ensembles $\omega$ dont toutes les dimensions tendent vers zéro, la trajectoire issue de ce point posséderait une stabilité plus grande, en quelque manière, que celle des trajectoires dont l'existence est affirmée par les deux théorèmes précédents. Cette remarque nous a amené à la définition suivante :

Appelons $\sigma_x^\varepsilon$ l'ensemble des points de l'espace $x_1, x_2, \ldots, x_n$ dont la distance au point $x$ est $< \varepsilon$. Alors un point $x$ sera dit un *point de stabilité absolue* s'il jouit de la propriété $P_{\sigma_x^\varepsilon}$ pour chaque nombre positif $\varepsilon$ aussi petit que l'on veut. Il est équivalent de dire qu'un point $x$ est un *point de stabilité absolue si*, étant donnés arbitrairement et indépendamment l'un de l'autre un nombre positif $\varepsilon$ aussi petit que l'on veut et un nombre positif A aussi grand que l'on veut, la molécule qui se trouve au point $x$ à l'instant 0 revient à une distance de $x$ plus petite que $\varepsilon$ à des instants $t > A$ et à des instants $t < -A$. Nous avons alors établi que :

THÉORÈME IV. — *Les points de stabilité absolue remplissent presque tout le domaine de stabilité* D (*à l'exception peut-être d'un ensemble dont la mesure à n dimensions est nulle*).

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Étude des déformations et de la répartition des efforts internes dans une pièce de bois à l'aide d'une pellicule adhérente.* Note [1] de MM. **Crestin** et **Campredon**, présentée par M. Le Chatelier.

L'étude des propriétés mécaniques des bois est rendue fort complexe par leur défaut d'isotropie ; ces propriétés diffèrent nettement suivant l'orien-

[1] Séance du 12 mars 1934.

tation de la direction que l'on considère par rapport aux fibres et aux couches annuelles.

Si l'on n'envisage que les déformations élastiques, l'expérience seule peut fixer le nombre de paramètres distincts, modules d'élasticité et coefficients de Poisson, nécessaires pour caractériser les propriétés élastiques et vérifier les relations que donne la théorie entre ces paramètres.

L'étude de la répartition des efforts internes n'est pas moins complexe, les principes applicables aux corps isotropes se trouvant ici en défaut.

Les recherches expérimentales concernant les déformations et les efforts internes seraient rendues plus simples si l'on pouvait déterminer, dans les divers cas de sollicitation intéressant la pratique, les directions suivant lesquelles se produisent les plus grands allongements et raccourcissements relatifs, ce qui permettrait d'orienter convenablement, en conséquence, les appareils de précision servant aux mesures.

Or ce résultat paraît pouvoir être atteint par l'application, sur la surface des éprouvettes, d'une pellicule parfaitement adhérente, comme il a été fait pour les métaux, en Allemagne, au laboratoire des Usines Maybach (1) et en France par MM. A. Portevin et M. Cymboliste (2).

Depuis novembre 1933, nous avons expérimenté, pour cet usage, au laboratoire d'essais de bois de l'École Nationale des Eaux et Forêts, divers vernis, laques et peintures; finalement c'est un mélange de colophane et de paraffine qui nous a donné les meilleurs résultats.

Lors de la mise en charge progressive de l'éprouvette, il se produit un premier système de fissures normales à la direction des plus grands allongements, les contractions linéaires n'étant pas décelées.

Mais si l'on vient à décharger assez brusquement l'éprouvette, la pellicule qui avait accompagné le bois sous-jacent dans les raccourcissements lents, ne peut le suivre dans les allongements qui se produisent lors de son retour rapide aux dimensions initiales, et il apparaît un second système de fissures, orthogonales aux premières, et normales à la direction des plus grands raccourcissements réalisés au cours de l'essai.

Ce procédé a été appliqué tout d'abord à des cas simples, compression et traction, dans le sens des fibres, d'éprouvettes sur lesquelles étaient montés des extensomètres afin de connaître l'ordre de grandeur des déformations décelées par les fissures de la pellicule.

Parmi les autres cas de sollicitation, qui ont fait jusqu'ici l'objet d'expé-

---

(1) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 76, XLI, 8 octobre 1932, p. 973.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 146.

riences, on peut citer la flexion d'un prisme reposant sur deux appuis et supportant soit une charge unique en son milieu, soit deux charges égales

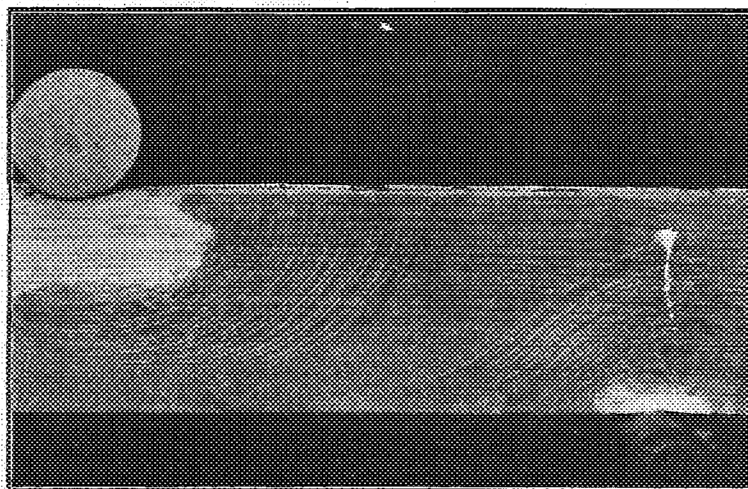


Fig. 1. — Flexion d'une poutre sur deux appuis, au moyen d'une charge médiane, Réseau de lignes normales aux directions des plus grands raccourcissements.

symétriquement placées par rapport au milieu, la traction d'éprouvettes percées d'un trou cylindrique, la traction transmise à une planche par un

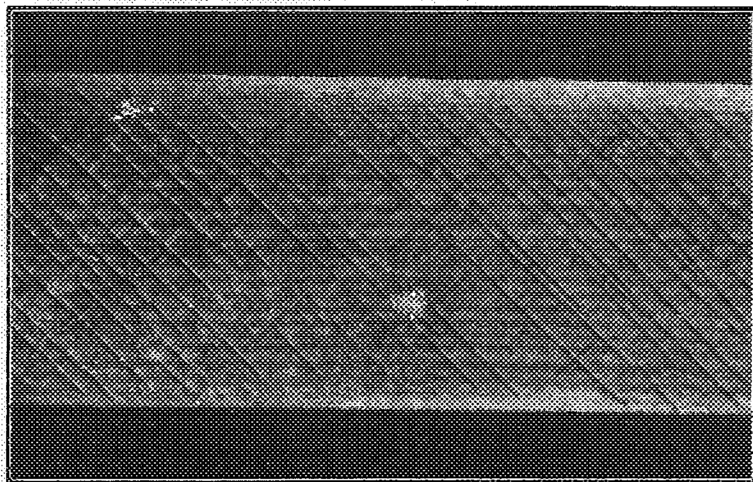


Fig. 2. — Torsion d'une pièce prismatique à section rectangulaire. Réseaux orthogonaux, normaux aux directions des plus grands allongements et des plus grands raccourcissements.

boulon qui la traverse (question intéressant les assemblages), la torsion d'éprouvettes de section circulaire ou rectangulaire.

Ces quelques essais font entrevoir la possibilité d'obtenir par ce procédé simple des résultats intéressants dans des cas où, en raison du défaut d'isotropie de la matière, les méthodes de la photoélasticimétrie ne sont pas applicables.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *La radiation globale mesurée au moyen du lucimètre Bellani.* Note (1) de M. LOUIS BESSON, présentée par M. Ch. Maurain.

La radiation globale (Soleil et ciel) sur l'unité de surface horizontale est observée au sommet de la Tour Saint-Jacques au moyen d'un solarimètre comprenant une pile thermoélectrique Alfred Henry (2), reliée à un millivoltmètre enregistreur. L'appareil a été comparé par M. Henry à un autre solarimètre qui avait lui-même été étalonné à l'observatoire du Parc Saint-Maur. Les millivolts peuvent donc être traduits en calories $cm^2$/min.

Si l'on confronte les nombres quotidiens de calories avec les indications correspondantes d'un lucimètre Bellani, en portant ces dernières en abscisses et les premiers en ordonnées, on constate que chaque mois les points représentatifs journaliers se groupent autour d'une ligne assez nettement déterminée.

Ces lignes ont une allure hyperbolique : partant de l'axe des $y$ avec une ordonnée positive à l'origine, elles présentent une courbure rapidement décroissante et se terminent en ligne droite. Cette forme résulte de ce que le lucimètre est moins sensible que le solarimètre à la lumière diffuse et n'indique rien ou presque rien les jours où le ciel est très sombre, tandis que les deux instruments, pour les journées ensoleillées, donnent des chiffres à peu près proportionnels.

De novembre à février la partie courbe est la plus longue et la ligne, dans l'ensemble, est d'un tracé assez incertain. Le reste de l'année, au contraire, presque toute la ligne est droite et bien déterminée.

Le coefficient angulaire de la droite varie naturellement d'un mois à l'autre avec l'inclinaison des rayons solaires ; La radiation reçue du Soleil par le disque horizontal de la pile est en effet proportionnelle au sinus de la hauteur de l'astre, alors que la radiation absorbée par la boule sphérique

(1) Séance du 12 mars 1934.

(2) Pour la description de cet instrument, voir ALFRED HENRY, *Sur une application de l'actinométrie à l'urbanisme* (*La Météorologie*, nouvelle série, 6, octobre-décembre 1930, nos 67-69, p. 453).

du lucimètre ne dépend pas de cette hauteur. En désignant par $h$ la hauteur au-dessus et au-dessous de laquelle le Soleil passe le même temps au milieu de chaque mois, la formule $2,53 \sin h$ rend bien compte de la variation annuelle du coefficient angulaire, comme on peut le voir en comparant les nombres ci-dessous :

| | J. | F. | M. | A. | M. | J. | J. | A. | S. | O. | N. | D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Obs. | 0,57 | 0,89 | 1,35 | 1,32 | 1,51 | 1,61 | 1,54 | 1,17 | 1,27 | 0,98 | 0,74 | 0,36 |
| Cal. | 0,63 | 0,86 | 1,16 | 1,37 | 1,47 | 1,52 | 1,52 | 1,42 | 1,24 | 0,96 | 0,71 | 0,56 |

Compte tenu de l'échelle des graphiques, la valeur trouvée pour le coefficient de $\sin h$ indique qu'une distillation de $1^{\text{cm}^3}$ au lucimètre correspond à 25 calories sur une surface plane de $1^{\text{cm}^2}$ normale aux rayons solaires, mais cette valeur est seulement approximative car elle dépend de la définition adoptée pour $h$.

Pour les douze mois de l'année, on a tracé, d'après les observations des trois années 1931 à 1933, des graphiques de cette sorte. Ils ont ensuite été traduits en tables permettant de passer, pour chaque jour, du chiffre donné par le lucimètre à la radiation globale. On a fait les totaux mensuels des radiations ainsi calculées et comparé les résultats du calcul à ceux de l'observation.

Cette comparaison ne révèle aucun changement progressif des deux instruments l'un par rapport à l'autre. De mars à octobre, au cours des trois années, la différence entre le calcul et l'observation est deux fois sur trois inférieure à 2 pour 100 et ne dépasse jamais 4. De novembre à février elle est une fois sur deux supérieure à 3 pour 100 et atteint dans un cas 14 pour 100. Cette détermination indirecte du total mensuel de la radiation globale à l'aide du lucimètre donne donc de bons résultats pour les deux tiers de l'année mais est peu précise en hiver.

Comme nous possédons une série d'observations faites à la Tour Saint-Jacques avec le même lucimètre dans des conditions identiques depuis 1923, il a paru intéressant de réduire en calories, au moyen des Tables précitées, les observations antérieures à la mise en service du solarimètre (août 1931), de manière à constituer un tableau de 11 années.

Ce tableau sera publié ailleurs. Il n'est possible de donner ici que les moyennes mensuelles de 11 ans (1).

(1) Ces résultats, obtenus au centre de Paris, ne doivent pas être considérés comme s'appliquant à la pleine campagne.

*Radiation globale moyenne par jour, en calories/cm²/min.*

| J. | F. | M. | A. | M. | J. | J. | A. | S. | O. | N. | D. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 54 | 108 | 199 | 290 | 374 | 414 | 399 | 359 | 261 | 148 | 67 | 41 |

Ces nombres ont une marche très régulière, dont la dissymétrie par rapport aux solstices est due, ainsi qu'il est facile de s'en assurer, à ce que la nébulosité est moindre entre juin et décembre qu'entre décembre et juin.

PHYSIQUE. — *Sur la dilatation de la silice fondue.* Note de M. L. **Dunoyer**, présentée par M. Ch. Fabry.

Au cours de recherches sur la construction de niveaux à bulle de grand rayon en silice fondue, nous avons été amené à observer la dilatation de cette substance, fort peu dilatable, dans un faible intervalle de température, au moyen d'une méthode qui dérive de celle que nous avons indiquée comme avantageuse, dans une Note précédente (¹), pour la mesure des très faibles dilatations. La forme, tubulaire, de l'échantillon que nous étudiions, n'était pas l'une de celles qui conviendraient pour obtenir une bonne mesure du coefficient de dilatation; mais tel n'était pas notre but. Les mesures que nous avons faites nous semblent cependant avoir l'intérêt : 1° de montrer quelle sensibilité peut atteindre la méthode en question; 2° de montrer que la silice fondue est un corps assez mal défini (ou mal connu), puisqu'il peut lui arriver d'avoir une dilatation négative à la température ordinaire, alors que cette dilatation négative n'avait encore été observée qu'aux températures très basses, le maximum de densité étant situé aux environs de — 80°.

Le tube de silice, rodé intérieurement, était placé sur deux vés, la génératrice qui avait été amenée au profil désiré étant la plus basse. On introduisait dans le tube un petit bloc d'acier sur l'une des faces terminales duquel était fixé un petit miroir, perpendiculaire à l'axe. Une lunette autocollimatrice, coaxiale au tube, permettait de mesurer les variations d'inclinaison du miroir à 3 secondes près environ. En déplaçant le bloc chaque fois d'une quantité égale à sa longueur, on pouvait déterminer le profil de la génératrice sur laquelle ils s'appuyaient. Les détails de la mise en œuvre de ce procédé, jadis employé par Michelson pour la rectification

(¹) L. Dunoyer, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 909.

du banc de son interféromètre, et par M. Dévé pour le contrôle des canons de fusil, seront décrits ailleurs.

Pour étudier l'influence d'une différence de température entre la géné-

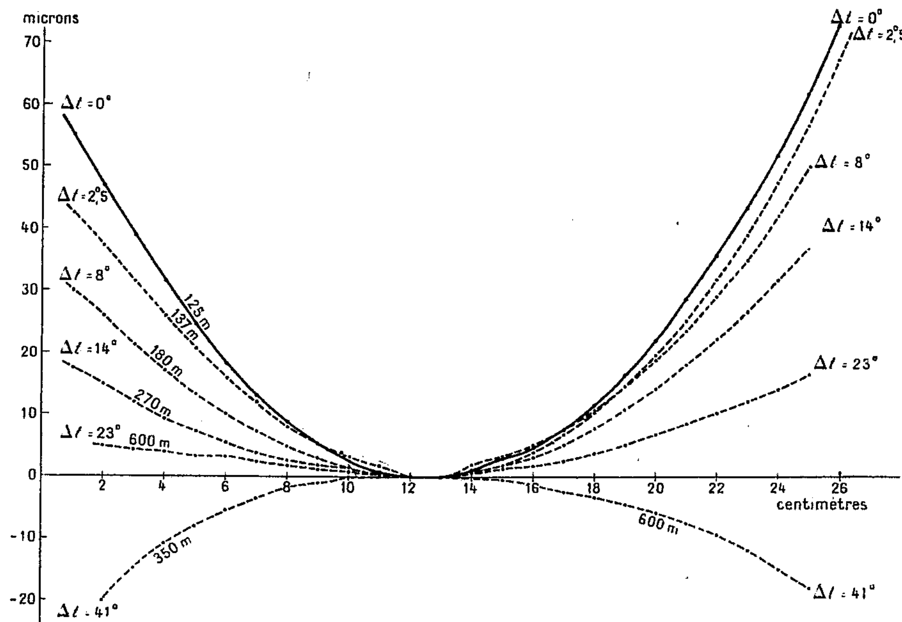



Fig. 1.

ratrice profilée et la génératrice opposée, on serrait, au moyen d'un collier convenable, les deux soudures (aplaties) d'un couple thermo-

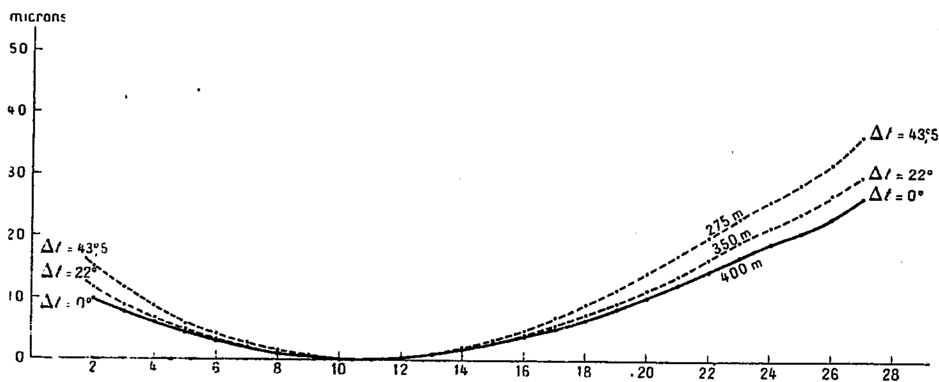



Fig. 2.

électrique sur ces deux génératrices, et l'on plaçait à quelques millimètres *au-dessus* du tube un appareil de chauffage électrique. Pour diverses

différences de température entre les deux soudures, on déterminait le profil de la génératrice inférieure. Ces profils étaient ensuite représentés avec une échelle d'abscisses en vraie grandeur, et avec une échelle d'ordonnées dilatée 2000 fois. Les figures 1 et 2 représentent ces profils pour une fiole de niveau en verre et pour une autre en silice fondue. A côté de chaque courbe, on a inscrit la différence de températures et le rayon moyen qui lui correspond.

On voit que, pour la fiole en verre, l'échauffement de la génératrice opposée à la génératrice profilée diminue la courbure de celle-ci, ce qui correspond bien à une dilatation positive. L'effet est beaucoup plus petit avec la fiole en silice, mais *de sens inverse*.

Quant à la valeur numérique du coefficient de dilatation, on peut en avoir une valeur approchée en admettant que les génératrices supérieure et inférieure prennent la forme qu'elles auraient si elles constituaient les deux côtés longs d'un cadre rectangulaire dont les deux côtés courts, de longueur $a$ seraient indéformables. Le coefficient de dilatation $\alpha$ serait alors donné par la formule $\alpha = -a.d(1/R)/dt$.

Les courbes des figures 1 et 2 permettent de construire les courbes de $1/R$ en fonction de $t$. On peut alors en déduire $d(1/R)/dt$. Si l'on prend pour $a$ le diamètre du tube, on trouve pour la fiole en verre la valeur très acceptable $\alpha = +6{,}9.10^{-6}$, et pour la fiole en silice $\alpha = -6{,}6.10^{-8}$.

J'ajoute que des mesures sur un échantillon du même tube, faite par M. Arnulf avec son interféromètre interférentiel, ont donné pour $\alpha$ entre 18° et 105°, la valeur $+0{,}4.10^{-8}$. Cette valeur, 100 fois plus faible que celle qui est généralement admise, est parfaitement conciliable avec la valeur négative, très petite, que nous avons trouvée pour le coefficient vrai à la température ordinaire.

ÉLECTRICITÉ. — *Compteur à couples thermoélectriques compensés pour tous fluides*. Note [1] de M. **André Égal**, présentée par M. J.-L. Breton.

J'ai indiqué [2] une nouvelle méthode de mesure de l'écoulement des fluides par l'application des phénomènes thermoélectriques.

---

(1) Séance du 26 février 1934.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 910.

L'expérience a montré que l'application de ce dispositif présentait quelques difficultés lorsque les températures respectives du fluide du milieu ambiant variaient de façon notable l'une par rapport à l'autre.

En effet, la différence de température entre les diverses soudures qui détermine la différence de potentiel entre les extrémités du circuit des couples thermoélectriques est influencée par les variations de température du milieu ambiant et du fluide en circulation. Par conséquent, si l'aiguille du voltmètre donne toujours l'indication qualificative du débit, elle ne donne plus une mesure précise de ce débit lorsque le milieu ambiant et le fluide en circulation sont à des températures qui s'écartent des températures auxquelles le voltmètre a été étalonné.

Pour y remédier, j'ai monté en opposition deux séries de couples thermoélectriques comportant chacune le même nombre de couples de même nature à soudures alternativement en contact avec la veine fluide et avec le milieu ambiant.

Si l'on désigne par $\theta_a$ la température du milieu ambiant et par $\theta_f$ la température du fluide, on peut exprimer la force électromotrice $E_1$ de la première série de couples non chauffés par la relation

$$(1) \qquad E_1 = K_1(\theta_a - \theta_f),$$

$K_1$ étant un coefficient de proportionnalité, fonction de la construction de l'appareil.

La force électromotrice de la deuxième série de couples serait

$$(2) \qquad E_2 = K_2(\theta_a - \theta_f).$$

Les couples de cette deuxième série étant chauffés, une force électromotrice supplémentaire $E_3$ vient s'ajouter à la force électromotrice $E_2$.

Cette force électromotrice $E_3$ est proportionnelle à la différence entre la quantité de chaleur $C_e$ apportée par la résistance de chauffage et la quantité de chaleur $C_i$ emportée par le fluide du fait de son écoulement.

Cette force électromotrice $E_3$ s'exprime donc par la relation

$$(3) \qquad E_3 = K_3(C_e - C_i).$$

La force électromotrice de cette deuxième série de couples devient

$$(4) \qquad E_t = K_2[(\theta_a - \theta_f) + (C_e - C_i)].$$

La liaison électrique des deux séries étant faite en opposition, les forces électromotrices déterminées par $\theta_a - \theta_b$ pour chaque série de couples, se

retranchent l'une de l'autre. Les deux manchons porteurs des couples sont identiques au point de vue de la nature de l'épaisseur de l'isolement et du nombre des couples. Les coefficients $K_1$, $K_2$ $K_3$ sont de même valeur.

Par suite, les deux forces électromotrices sont égales et opposées et

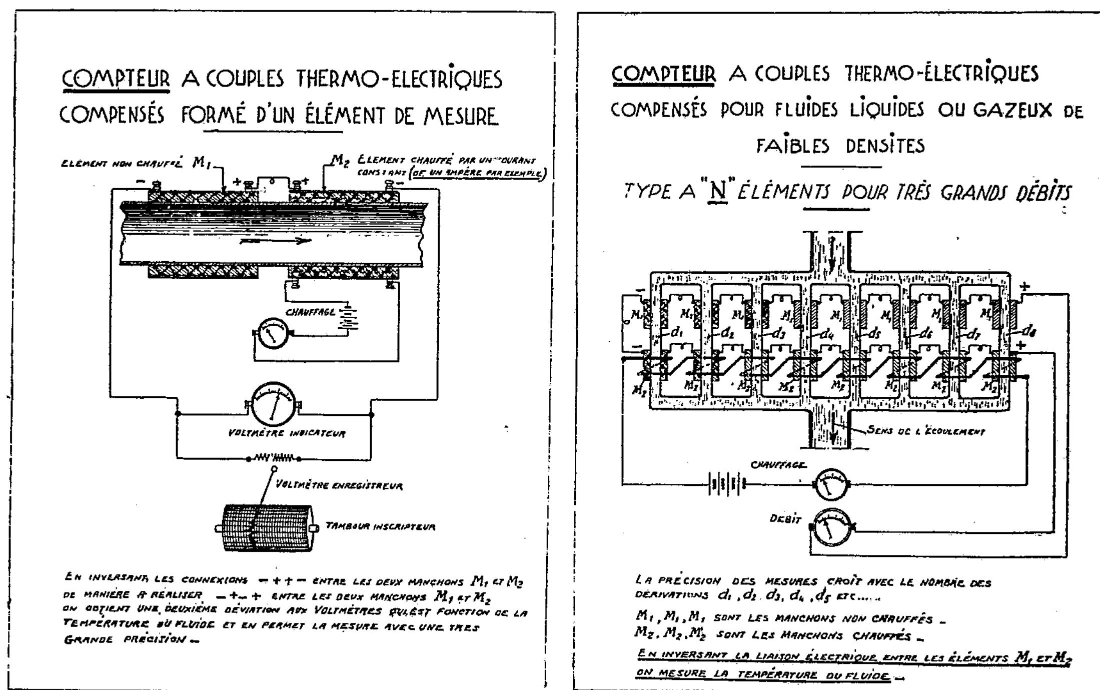



Fig. 1. Fig. 2.

s'annulent, de sorte que la force électromotrice $E_3$ subsiste seule et l'on a donc en appelant E la force électromotrice totale du système :

$$E = K_1(\theta_a - \theta_f) - K_2(\theta_a - \theta_f) + K_3(C_e - C_i). \quad (5)$$

Il vient :

$$E = K_3(C_e - C_i).$$

La force électromotrice résultante E ne dépend donc que des échanges de chaleur entre la résistance chauffante et le fluide en circulation.

Si l'intensité du chauffage est maintenue constante, la force électromotrice est proportionnelle au débit du fluide seul. Les indications obtenues sont ainsi indépendantes des températures respectives du fluide et du milieu ambiant, elles donnent avec toute la précision désirable les mesures de débit, vitesse d'écoulement, etc. de la veine fluide, et permettent le comp-

tage comme un compteur. Il suffit que l'appareil de mesure soit enregistreur.

La figure 1 est un schéma de compteur à un élément.

La figure 2 est un schéma de compteur à N éléments pour fluides de faibles densités.

Ce compteur sans mécanisme, permet le contrôle des conduites d'eau, de vapeur, d'huile, d'essence, d'asphalte liquide, d'ammoniac, de gaz d'éclairage, d'air comprimé, de vide, etc. sans qu'il soit nécessaire d'y faire aucune perforation.

En inversant avec un commutateur la liaison électrique entre les deux séries de couples montés en opposition, de manière à réaliser un montage en série (+ —) (+ —) au lieu de (+ —) (— +) on obtient une deuxième indication qui donne avec précision la température du fluide.

ÉLECTRODYNAMIQUE. — *Comment retrouver les lois de l'électrodynamique à partir de certaines solutions de l'équation des ondes électriques.* Note de M. **René Reulos**, présentée par M. Louis de Broglie.

La loi de Coulomb, qui donne la force exercée l'un sur l'autre par deux éléments d'électricité au repos, cesse probablement d'être rigoureuse lorsque cette dernière circonstance n'est plus vérifiée. Autrement dit, le champ électrique E d'un élément d'électricité en mouvement ne vérifie plus l'équation de Laplace : $\Delta E = 0$, mais l'équation des ondes

$$\Delta\vec{E} = \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2},$$

qui se réduit à la précédente lorsque $\vec{E}$ est indépendant du temps (électron immobile). Nous avions indiqué [1] un procédé d'intégration qui conduit à la formule $\vec{E} = e\vec{r}r^{-3}(1 - v^2/c^2 \sin^2\theta)^{-3/2} f(v/c)$ donnant le champ $\vec{E}$ en un point situé à une distance $OO' = r$ de l'électron (ou proton) de charge $e$, de vitesse uniforme $v$ faisant avec $OO'$ l'angle $\theta$; $f(v/c)$ étant une fonction paire de $v/c$. Si l'on place en $O'$ un électron de charge $e'$, il subira une force $\vec{f} = e\vec{E}$. Développons en série la formule ci-dessus suivant les puissances croissantes de $v/c$, en se bornant au second ordre et en posant :

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1015.

$f(v/c) = 1 + a_2 v^2/c^2 + \ldots$. On a, en posant $b_2 = 3/2 + a_2$ :

$$(1) \qquad \vec{f} = e\vec{E} = ee' \frac{\vec{r}}{r^3}\left[1 + \frac{v^2}{c^2}(b_2 \sin^2\theta + a_2 \cos^2\theta) + \ldots\right].$$

Si l'on considère comme équivalents les systèmes de référence en translation uniforme par rapport aux axes de Galilée, $e$ et $e'$ jouent un rôle symétrique, $e'$ exerce sur $e$ la force $-$ F, $e$ étant supposé animé d'une vitesse $-v$ par rapport à $e'$. On ramènera à l'un de ces deux cas, par un changement de système de référence, le cas de deux électrons de vitesse $v$ et $v'$, dont les directions sont données par les angles $\theta$ et $\theta'$ qu'elles font avec l'axe des $x$, et les angles $\varphi$ et $\varphi'$ que font avec le plan $xOy$ les plans méridiens qui contiennent ces vitesses (faire la figure).

Les forces sont égales et opposées, on est conduit à la formule

$$(2) \qquad f = \frac{ee'}{r^2}\left[1 + \frac{v^2}{c^2}(b_2 \sin\theta + a_2 \cos^2\theta) + \frac{v'^2}{c^2}(b_2 \sin^2\theta' + a_2 \cos^2\theta')\right] + \frac{2}{r^2}\frac{ev}{c}\frac{e'v'}{c}[b_2 \sin\theta \sin\theta' \cos(\varphi - \varphi') + a_2 \cos\theta \cos\theta')],$$

qui se réduit à (1) lorqu'une des vitesses $v$ ou $v'$ est nulle. Appliquons ces résultats au calcul de la force $d$F exercée l'un sur l'autre par deux éléments de courant de longueurs $ds$ et $ds'$, appartenant à deux circuits $(c)$ et $(c')$ parcourus par des courants $i$ et $i'$. Nous supposons que les charges positives et négatives élémentaires sont en nombre égal dans chaque conducteur, qu'il y en a $n$ sur $(c)$, $n'$ sur $(c')$ par unité de longueur, et qu'elles ont des vitesses uniformes dirigées suivant la tangente au circuit. Soient $v$ et $v'$ les vitesses des charges négatives, $u$ et $u'$ celles des charges positives. Nous avons : $i = ne(u - v)c^{-1}$, $i' = n'e(u' - v')c^{-1}$, $i$ et $i'$ intensités en *uem*. On obtiendra $d$F en composant les forces élémentaires $n\,ds$ entre éléments $+$ et $-$, $-$ et $+$, $-$ et $-$, $+$ et $-$. Celles-ci sont données par des relations telles que (2). En ajoutant ces quatre relations, les termes en $u^2$, $v^2$, $u'^2$, $v'^2$ disparaissent, il reste en introduisant $i$ et $i'$ :

$$(3) \quad dF = 2\frac{ii'}{r^2}[b_2 \sin\theta \sin\theta' \cos(\varphi - \varphi') + a_2 \cos\theta \cos\theta'] = 2\frac{ii'}{r^2}(b_2 \cos\varepsilon + a_2 \cos\theta \cos\theta'),$$

$\varepsilon$ étant l'angle de deux éléments de courant; cette expression est symétrique par rapport à $ds$ et $ds'$. Plaçons $ds$ à l'origine des coordonnées, soient $x, y, z$ les coordonnées d'un point de $ds$; $dx'$, $dy'$, $dz'$ les composantes de $ds'$; $dx$, $dy$, $dz$ celles de $ds$, en exprimant $\cos\varepsilon$, $\cos\theta$, $\cos\theta'$ en fonction de $x$, $y$, $z$;

$dx$, $dy$, $dz$; $dx'$, $dy'$, $dz'$, on a en projetant sur $Ox$ :

$$dF_x = \frac{ii'}{r^2}\left[2b_2(dx\,dx' + dy\,dy' + dz\,dz') + a_2(2x\,dx + 2y\,dy + 2z\,dz)(x\,dx' + y\,dy' + z\,dz')\right],$$

en groupant les termes autrement et en posant $a_2 = \alpha - 1/2$, $b_2 = \alpha + 1$ :

$$\begin{aligned} dF_x = ii'\Big\{ & (\alpha+1)(x^2+y^2+z^2)^{-\frac{3}{2}}[(x\,dy - y\,dx)\,dy' - (z\,dx - x\,dz)\,dz'] \\ & + (\alpha+1)(x^2+y^2+z^2)^{-\frac{3}{2}}(x\,dy' + y\,dy' + z\,dz')\,dx \\ & + (\alpha+1)(x^2+y^2+z^2)^{-\frac{3}{2}}(dx\,dx' + dy\,dy' + dz\,dz')\,x \\ & + \left(\alpha - \frac{3}{2}\right)(x^2+y^2+z^2)^{-\frac{3}{2}}(2x\,dx + 2y\,dy + 2z\,dz)(x\,dx' + y\,dy' + z\,dz')\,x\Big\}. \end{aligned}$$

Si l'on prend $\alpha = 0$, la somme des trois derniers termes représente la différentielle de $x(x^2 + y^2 + z^2)^{-3/2}(x\,dx' + y\,dy' + z\,dz') = xr^{-3}\cos\theta'$.

L'intégrale de cette expression, le long d'un circuit fermé, est nulle; la force exercée par un courant fermé sur un élément de courant a pour composante suivant $Ox$ :

$$F_x = i'\,dy'\,i\int_c \frac{x}{r^3}\,dy - \frac{y}{r^3}\,dx - i'\,dz'\,i\int_c \frac{z}{r^3}\,dx - \frac{x}{r^3}\,dz = H_z\,i\,dy' - H_y\,i\,dz'.$$

$H_y$ et $H_z$ ne sont autres que les composantes du champ magnétique créé par le circuit, les deux autres composantes $F_y$ et $F_z$ s'obtiennent par permutation. On peut écrire vectoriellement $\vec{F} = i\,\vec{ds'} \wedge \vec{H}$. C'est la *loi de Laplace* obtenue avec $a_2 = -1/2$; la formule (3) devient

$$dF = 2\frac{ii'}{r^2}\left[\sin\theta\sin\theta'\cos(\varphi - \varphi') - \frac{1}{2}\cos\theta\cos\theta'\right]ds\,ds' = 2\frac{ii'}{r^2}\left(\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\cos\theta\cos\theta'\right)ds\,ds',$$

ce sont les deux principales formes de la *formule d'Ampère*.

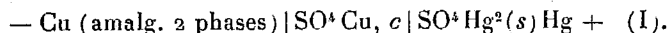
En appliquant aux termes d'ordre supérieur une méthode analogue, on définit les coefficients $a_4$, $a_6$, ..., $a_{2n}$, ... par les relations du type

$$\frac{3.5\ldots(2n+1)}{2.4\ldots2n} + \frac{3.5\ldots(2n-1)}{2.4\ldots(2n-2)}a_2 + \ldots + \frac{3.5}{2.4}a_{2n-4} + \frac{3}{2}a_{2n-2} = -3a_2n.$$

Ces résultats restent valables dans le cas de courants variables, et lorsque les électrons ont des vitesses quelconques, la démonstration repose sur les propriétés de l'onde d'accélération qui explique d'ailleurs la loi de l'induction, comme nous l'avons montré antérieurement.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude de la chaîne : plomb, sulfate de plomb, sulfate de cuivre, cuivre.* Note de M^lle **M. Quintin** et M. **A. Lebettre**, présentée par M. Georges Urbain.

L'une de nous [1] a étudié la chaîne :



— Cu (amalg. 2 phases) | $SO^4Cu$, $c$ | $SO^4Hg^2(s)$ Hg + (I).

La détermination du potentiel normal $E_0$ de cette pile est incertaine; en effet la méthode de Lewis est inapplicable et celle de La Mer ne donne un résultat satisfaisant que dans une zone de concentration très restreinte, comprise entre 0,01 M et 0,003 M environ.

Le fait que cette dernière méthode ne s'applique pas lorsque $c < 0,003$ M pouvait être attribué à la solubilité de $SO^4Hg^2$ non négligeable aux grandes dilutions. En effet, dès que l'excès des ions $\overline{S}O^4$ apportés dans la solution par $SO^4Hg^2$ dépasse 1 pour 100 de la quantité totale, la pile ne peut probablement plus être considérée comme sans transport.

C'est afin de vérifier cette hypothèse que nous avons repris l'étude de la chaîne (I) en substituant à l'électrode réversible par rapport aux ions $\overline{S}\overline{O}^4$ une électrode à sulfate plus insoluble : Pb (amalg. 2 phases) / $SO^4Pb$.

L'amalgame de plomb est préparé par électrolyse, le sulfate par précipitation à partir d'une solution de nitrate [2]. Le mode opératoire et les précautions de purification sont les mêmes que dans l'étude de la chaîne (I).

Les résultats obtenus dans ces conditions sont les suivants :

F. E. M. (en $10^{-4}$ volt) de : — Pb (amalg. 2 ph.) | $SO^4Pb(s)$ | $SO^4Cu$, $c$ | Cu (amalg. 2 ph.) + (II),

| $c$ (mol-g/litre). | 0°. | 15°. | 25°. | 35°. | 46°,5. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,105 | 5354 | 5412 | 5451 | 5488 | 5526 |
| 0,02625 | 5190 | 5228 | 5254 | 5278 | 5304 |
| 0,0105 | 5086 | 5116 | 5135 | 5154 | 5177 |
| 0,00525 | 5024 | 5043 | 5055 | 5068 | 5084 |
| 0,02625 | 4931 | 4946 | 4958 | 4969 | 4981 |
| 0,00105 | 4805 | 4818 | 4827 | 4832 | 4844 |

(1) M^lle M. Quintin, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 473, 538, 767; *J. Chimie physique*, **30**, 1933, p. 319.

(2) W. E. Henderson et G. Stegman, *J. Am. chem. Soc.*, **40**, 1918, p. 84; V. B. Bray, *J. Am. chem. Soc.*, **43**, 1927, p. 2372.

La formule de Gronwall, La Mer et Sandved s'applique aux résultats ci-dessus, à partir de $c = 0,0105$ M et jusqu'à $c = 0,00105$ M, c'est-à-dire dans une zone de concentration plus étendue que pour la chaîne I; elle permet donc de déterminer le potentiel normal $E_0$ de la chaîne (II) et le rayon ionique $a$ du sulfate de cuivre. Les résultats sont donnés ci-dessous :

| $t$ (°)..... | 0. | 15. | 25. | 35. | 46,5. |
|---|---|---|---|---|---|
| $E_0$ ($10^{-4}$ volt)........ | 6540 | 6652 | 6728 | 6798 | 6892 |
| $a$ (Å)........... | 2,34 | 2,38 | 2,40 | 2,45 | 2,48 |

Le coefficient d'activité $f$ du sulfate de cuivre peut donc être calculé. Il est à 15° :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $c$ (mol-gr/lit.)........ | 0,105 | 0,02625 | 0,0105 | 0,00526 | 0,002625 | 0,00105 |
| $f$.................. | 0,064 | 0,123 | 0,196 | 0,290 | 0,394 | 0,590 |

La petitesse de ces valeurs, qui peut paraître à première vue anormale, est en accord avec le très faible rayon ionique trouvé 2,4 Å ; en effet les actions interioniques sont d'autant plus grandes que ce rayon est petit.

De l'étude ci-dessus, il faut conclure que les résultats anormaux obtenus aux concentrations inférieures à 0,003 M avec la chaîne (I) étaient dus à la solubilité de $SO^4Hg^2$. D'ailleurs, si, avec la chaîne (II), on essaie de pousser les mesures au delà de 0,001 M, on retrouve les mêmes anomalies.

MAGNÉTISME. — *Déplacement du point de Curie avec la concentration dans les austénites fer-nickel-tungstène (ou molybdène).* Note [1] de MM. **A. Portevin**, **E. Pretet** et **H. Jolivet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les ferro-nickels réversibles, lorsqu'ils renferment une teneur suffisante en tungstène (ou molybdène), présentent une résistance remarquable à l'action corrosive de l'acide chlorhydrique, comme nous l'avons signalé [2]; cette résistance chimique dépend, entre autres facteurs, et d'une manière essentielle, de la concentration en tungstène de la phase austénitique. Or, cette concentration varie avec la température et les traitements thermiques

---

(1) Séance du 12 mars 1934.

(2) A. Portevin, *Rev. Univ. Mines*, 8, iv, 1932, p. 198, et *Revue du Nickel*, III, iii, 1932, p. 78.

en raison des phénomènes de précipitation de phases riches en tungstène (¹) que nous avons déjà mentionnés (²).

L'intérêt des phénomènes de précipitation dans ces alliages nous a conduit à en faire l'étude d'une manière plus complète par les méthodes physico-chimiques (dilatométrie, magnétométrie).

Aux renseignements fournis par la variation du coefficient de dilatation

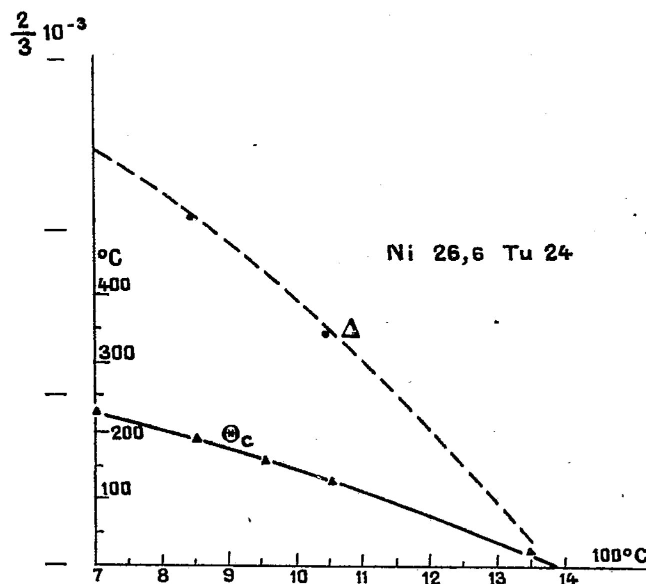



Fig. 1

et par le changement de longueur isotherme qui accompagne la précipitation, caractéristiques devenues classiques dans l'étude des traitements thermiques (³), s'ajoutent ceux qui résultent de l'examen des variations en position et en amplitude du point de Curie de la phase $\gamma$ : variations qui se sont manifestées ici avec une intensité non encore observée et qu'il nous paraît intéressant de signaler.

C'est ainsi, par exemple, qu'un alliage ayant pour composition centésimale $Ni = 26,6$ et $Tu = 24$ (avec $C = 0,07$; Si et $Mn < 0,3$), trempé à

(¹) Phases $\varepsilon$ ou $\zeta$ du diagramme fer-tungstène de S. Takeda, *Tech. Rep. Tokoku Univ.*, 19, 1930, p. 101.

(²) A. Portevin, E. Pretet et H. Jolivet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1237.

(³) P. Chevenard et A. Portevin, *Rev. de Met., Mém.*, 27, 1930, p. 412; et 28, 1931, p. 417.

des températures variables de 700° jusqu'à 1400°C., après des temps de chauffage suffisants pour réaliser l'équilibre physicochimique à chaque température, voit la température de son point de Curie décroître de 225° jusqu'à l'ambiante, en même temps que l'amplitude de l'anomalie diminue (*fig.* 1).

La variation du point de Curie en fonction de la teneur en nickel des alliages de même teneur en tungstène, représentée figure 2, se trouve, par

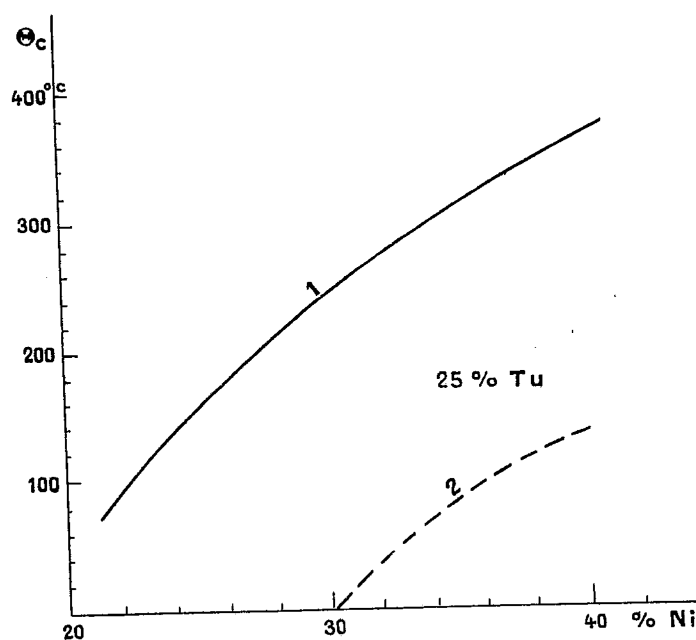


Fig. 2

suite, n'avoir de signification que si elle est rapportée à un même état de traitement thermique; la courbe 1 figure cette variation pour les alliages maintenus à 900° et trempés, alors que la courbe 2 donne la même variation pour les alliages coulés en coquille.

Les mêmes phénomènes de précipitation peuvent, lorsqu'ils ne sont pas accompagnés d'une diffusion suffisante, entraîner par ailleurs une inégalité de concentration de la solution solide mère conduisant à un étalement du point de Curie, phénomène déjà connu (Forrer, Chevenard), dont l'importance pourrait servir à caractériser les différences de concentration.

Mais ce qui nous a paru particulièrement intéressant à mentionner, c'est *l'écart important dans la position du point de Curie que peut présenter un*

*même alliage* suivant son état de traitement thermique, écart qui peut, pour certains, atteindre 250°.

Des variations analogues du point de Curie, de plus faible amplitude, dont les causes n'ont pas été nettement élucidées, ont été décelées dans certains cas (¹) : l'explication fournie ici est une de celles qu'on peut retenir pour rendre compte des phénomènes.

MAGNÉTISME. — *Étude thermomagnétique de l'hétérogénéité d'une austénite fer-nickel-carbone-chrome consécutive à la précipitation de carbure, par l'effet du revenu.* Note (²) de M. **Pierre Chevenard**, présentée par M. Le Chatelier.

Soit une solution solide $\alpha$, obtenue homogène par hypertrempe, et susceptible de se dédoubler par revenu en un agrégat $\alpha + \beta$. L'état stable, dans lequel les phases $\alpha$ et $\beta$ sont homogènes, exige pour s'établir une durée de revenu d'autant plus grande que la température est plus basse. Au début du revenu, les phases sont hétérogènes : les éléments nécessaires à la formation d'un grain de $\beta$ sont empruntés aux portions immédiatement voisines de la solution solide génératrice. Par exemple, un ferronickel chromé additionné de carbone, hypertrempé puis réchauffé vers 600-800°, laisse précipiter des grains de carbure riches en chrome, autour desquels l'austénite est localement appauvrie en chrome et en carbone.

Certains auteurs voient dans cette hétérogénéité la cause principale de la corrosion intercristalline des alliages inoxydables du type 18-8. En particulier, Bain, Aborn et Rutherford (³) invoquent cette explication, mais sans donner à leur hypothèse aucune interprétation quantitative. Je me propose de montrer comment l'analyse thermomagnétique d'un ferronickel chromé carburé, assez riche en nickel pour être ferromagnétique, permet une mesure de cette hétérogénéité.

Les courbes « aimantation-température » de la figure 1 concernant un alliage $C = 0{,}5$; $Ni = 37$; $Cr = 10$ pour 100, hypertrempé à 1200° dans l'eau, non revenu, et revenu à 850° pendant des temps plus ou moins longs. Elles sont tracées par un thermomagnétomètre enregistreur à miroir

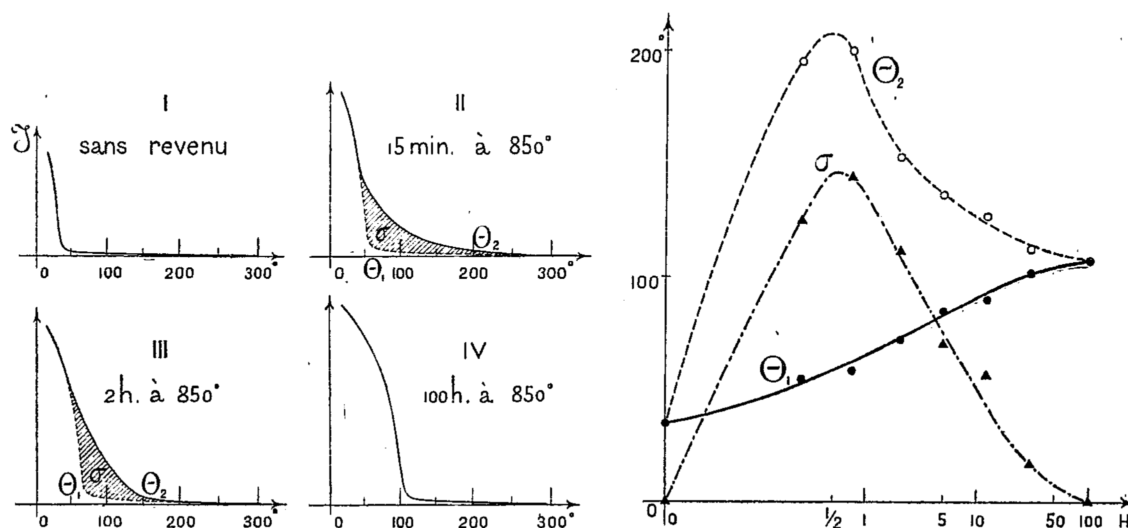
(¹) Voir par exemple F. Adcock, *Iron Steel Inst.*, **124**, 1931, p. 99.

(²) Séance du 12 mars 1934.

(³) *Transaction of the American Society for Steel Treating*, **21**, vi, juin 1933, p. 481.

unique, et grâce à leur netteté sont susceptibles d'une élaboration graphique précise.

La courbe I (sans revenu) a une allure normale. Il en est de même de la courbe IV, preuve qu'après un revenu de 100 heures à 850°, l'austénite au contact du carbure précipité est homogène. La soustraction du chrome et du carbone, constituants principaux du carbure, agit sur le point de Curie de l'austénite et le résultat global est un relèvement de 70°. Sur les courbes II (15 minutes) et III (2 heures), l'étalement de la perte du




magnétisme indique une austénite hétérogène : autour de chaque grain de carbure, le point de Curie des couches d'austénite s'élève en même temps que diminuent le chrome et le carbone.

Pour obtenir une expression quantitative de cette hétérogénéité, je trace une courbe thermomagnétique fictive (en pointillé sur la figure 1), obtenue par translation de la courbe IV, et coïncidant avec la courbe expérimentale au départ. Puis je considère :

1° le point de Curie $\theta_1$, déduit de la courbe fictive : cette température $\theta_1$ caractérise les progrès de l'appauvrissement en chrome et en carbone des portions de l'austénite éloignées des grains de carbure, c'est-à-dire de la majeure partie de l'alliage;

2° le point de Curie le plus élevé, ou plutôt, ce qui est expérimentalement mieux déterminé, la température $\theta_2$ où l'aimantation atteint une petite valeur arbitrairement donnée : cette température permet d'évaluer

approximativement la composition de la couche d'austénite adjacente au grain de carbure ;

3° l'aire $\sigma$ comprise entre la courbe expérimentale et la courbe fictive; cette valeur $\sigma$ est en relation avec le volume intéressé par l'hétérogénéité.

Cette méthode a permis de préciser, pour plusieurs alliages, comment l'apparition, l'intensité et la disparition de l'hétérogénéité dépendent des conditions de l'hypertrempe et du revenu, état initial, température, durée. Par exemple, la figure 2, relative au même alliage que la figure 1, montre la variation de $\theta_1$, $\theta_2$ et $\sigma$, en fonction de la durée du revenu à 850°. Il a été constaté que l'écrouissage consécutif à l'hypertrempe abaisse de plus de 100° la température d'apparition de l'hétérogénéité. Toutes choses égales d'ailleurs, les vitesses d'apparition et de disparition doublent pour une élévation de température d'environ 15°.

On a entrepris également l'étude des effets de l'hétérogénéité sur les propriétés mécaniques et chimiques de l'alliage. En particulier, le début du durcissement coïncide exactement avec l'apparition de l'hétérogénéité et précède sensiblement la précipitation de carbures visibles au microscope.

OPTIQUE. — *Les couples exercés par la lumière polarisée circulairement.* Note de M. **Emile Henriot**, transmise par M. A. Cotton.

Des raisonnements classiques conduisent à la conclusion qu'une onde lumineuse polarisée circulairement transporte un moment d'impulsion longitudinal égal au quotient de l'énergie par la pulsation $\omega$. Dans ces conditions une lame demi-onde pour $\omega$, qui transforme la lumière circulaire en circulaire inverse doit subir un couple $\gamma = 2\mathcal{P}/\omega$, $\mathcal{P}$ étant la puissance transportée.

La mise en évidence directe de ce couple est difficile à cause de sa petitesse : j'ai fait quelques essais dans ce sens, mais diverses perturbations masquent l'effet et rendent difficile l'interprétation des expériences. Il y avait lieu de se demander si l'effet est observable et si l'on ne peut pas montrer, par une application du principe d'indétermination, qu'une telle recherche est vaine, comme le serait par exemple la mise en évidence directe du spin de l'électron dans une expérience du genre de celle de Stern-Gerlach.

Ce qui suit a pour but de montrer qu'il n'en est rien et qu'une expérience aisément réalisable met indirectement en évidence l'existence réelle

d'un tel couple. Si, en effet, la lame demi-onde, supposée parfaitement transparente est immobile, il y a bien échange de moment d'impulsion, mais non d'énergie et si $n$ photons passent par seconde, leurs énergies $nh\nu$ à l'entrée et $nh\nu$ à la sortie seront égales et l'on aura $\nu = \nu'$. Mais si la lame tourne dans le sens du couple avec la vitesse $\Omega$, le travail du couple aura pour effet de diminuer la fréquence et la conservation de l'énergie donnera $\omega - \omega' = 2\Omega$. Le train d'onde reste cohérent et l'on peut faire interférer la vibration $\omega'$ avec celle qui a traversé une lame immobile et dont la fréquence est $\omega$; on devra alors avoir, dans chaque frange, un battement de fréquence $\Omega$. D'autre part ce battement, qui est lié indissolublement à l'existence du couple, se produira avec certitude, comme le prouve le raisonnement cinématique suivant. Soit, en effet, le circulaire

$$x = a\cos\omega t, \qquad y = a\sin\omega t,$$

tombant sur deux lames juxtaposées dont l'une a ses directions principales parallèles à $x$ et à $y$, l'autre faisant un angle $\alpha = \Omega t$ avec la précédente. Les vibrations, à la sortie des deux lames, seront

$$x_1 = a\cos(-\omega t), \qquad x_2 = a\cos(-\omega t + 2\alpha),$$
$$y_1 = a\sin(-\omega t), \qquad y_2 = a\sin(-\omega t + 2\alpha),$$

et leur superposition donnera

$$\xi = 2a\cos(-\omega t + \alpha)\cos\alpha,$$
$$\eta = 2a\sin(-\omega t + \alpha)\cos\alpha,$$

qui donne bien le battement prévu.

Le déplacement des franges qui accompagne les variations d'épaisseur d'un coin d'air peut être considéré comme un battement provenant du changement de fréquence par effet Döppler dû au déplacement de la lame mobile du coin. Cet effet est inséparable de la pression de radiation sur la lame mobile et ne se produirait pas si la pression de radiation n'existait pas réellement. De même, dans le cas actuel, le battement est inséparable de l'existence d'un couple effectif.

On peut imaginer une machine formée d'un très grand nombre de lames demi-onde tournant autour du même axe avec des rotations inverses pour deux lames successives à la manière des couronnes d'une turbine Ljungstroem, elle *détendrait* la lumière en la transformant en travail. Il serait évidemment impossible de réduire la fréquence à o au moyen d'une machine ayant un nombre fini $p$ de lames tel que $2\Omega p = \omega$ et qui per-

mettrait d'atteindre le zéro absolu par une opération finie. Ceci tient à ce que, pour chaque lame, $\Omega$ doit être infiniment petit devant la fréquence reçue et le nombre des détentes successives doit être infini.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une méthode de calcul des miroirs de projecteur en verre épais.* Note de M. **Gilbert Cahen**, présentée par M. Ch. Fabry.

La méthode repose sur le théorème suivant : « Considérons un dioptre de révolution, et un faisceau lumineux d'ouverture quelconque également de révolution autour du même axe; examinons la section de l'ensemble par un plan méridien. Tous les rayons sont, dans chaque milieu, tangents à la caustique : les deux caustiques sont *images* l'une de l'autre. Soient TMU, T'M'U' deux rayons; T et T', U et U' sont respectivement les points de contact avec les caustiques, M et M' les impacts sur la surface réfractante. Supposons les caustiques réelles, soient $t$ et $u$ leurs points de rebroussement sur l'axe; si T' et U' sont plus éloignés de $t$ et $u$ que T et U, faisons passer par T' et U' les surfaces d'onde, c'est-à-dire les développantes des caustiques, qui coupent les rayons TMU en T'' et U''. »

Les arcs de caustiques TT' et UU' sont égaux aux segments $\overline{\mathrm{TT}''}$ et $\overline{\mathrm{UU}''}$; si $n$ et $n'$ désignent les indices de réfraction des deux milieux, les chemins optiques $n.\overline{\mathrm{TM}}+n'.\overline{\mathrm{MU}}$ et $n.\overline{\mathrm{T'M'}}+n'.\overline{\mathrm{M'U'}}$ sont égaux. Il en résulte que :

*La quantité* $n(\mathrm{arc}\, t\mathrm{T}+\overline{\mathrm{TM}})+n'(\overline{\mathrm{MU}}+\mathrm{arc}\, \mathrm{UU'})$ *est un invariant pour tous les rayons.*

Ce théorème est également valable si les caustiques sont virtuelles ou si un nombre quelconque de surfaces réfractantes ou réfléchissantes sont interposées sur le trajet des rayons.

*Applications.* — Ce théorème permet de calculer sous forme paramétrique l'équation de la surface réfractante ou réfléchissante quant on connaît les équations podaires des caustiques : si les arcs des caustiques sont intégrables, l'expression qui figure dans le théorème s'exprime simplement en fonction des inclinaisons sur l'axe des rayons.

A titre d'exemple, considérons un miroir de projecteur en verre épais; la surface antérieure, non argentée, a pour méridienne une parabole, afin que les rayons ayant subi des réflexions partielles convergent sur le point à l'infini comme ceux du faisceau principal. Si A et B désignent les inclinai-

sons, dans le verre d'indice $n$, des rayons avant et après réflexion sur la surface postérieure argentée, un calcul simple montre que les équations podaires des deux caustiques, rapportées à des axes passant par le foyer (OX axe de la parabole), s'écrivent

$$x \cos A - y \sin A = \frac{(n^2 - 1)\cos A}{(n \cos A + 1)^2}.$$

(Pour l'autre, remplacer A par B et $n$ par $-n$.)

On verrait facilement que les arcs sont intégrables. L'application du théorème permet d'écrire que l'expression

$$\frac{\sin A + \sin B}{\sin(A - B)}\left(\frac{n^2}{(n \cos A + 1)^2} - \frac{n^2}{(n \cos B - 1)^2}\right) + n\left(\frac{n^2 \cos B}{(n \cos B - 1)^2} - \frac{n^2 \cos A}{(n \cos A + 1)^2}\right)$$

est constante. Il est d'ailleurs aisé de calculer les coordonnées du point courant de la méridienne en fonction de A et B. On a donc ainsi l'équation générale cherchée.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Microphotomètre photoélectrique enregistreur sans fente ni amplification.* Note de M. **C. Sannié**, présentée par M. Ch. Fabry.

Cet appareil est essentiellement constitué par une image lumineuse de grand éclat et une cellule photoélectrique de grande sensibilité. Il ne comprend aucune autre source de courant électrique que celle nécessaire à l'obtention de l'image lumineuse.

I. L'image lumineuse est obtenue au moyen du lecteur de sons sans fente de L. Dunoyer. Le principe de ce dispositif consiste à former l'image du filament d'une lampe, à filament rectiligne et à fenêtre plane, au moyen d'un simple condensateur. La réduction est de 8. L'image obtenue mesure $3^{mm}$ de long et, suivant la largeur du filament, $0{,}0125^{mm}$ ou $0{,}024^{mm}$ de large.

Les avantages de ce dispositif sont sa grande simplicité, ne nécessitant pour ainsi dire aucun réglage, et la réalisation d'une image homogène, régulière et très lumineuse, correspondant, selon Dunoyer, pour une largeur de $0{,}0125^{mm}$ à 0,0185 lumen, c'est-à-dire à un éclairement de l'objet à examiner de 500000 lux environ, malgré la faible consommation de la lampe (1,5 ampère sous 4 volts). La quantité de lumière diffusée par l'ensemble de la lampe et du condensateur n'est pas négligeable, mais un

simple diaphragme de 1/10ᵉ à 2/10ᵉ de millimètre de large, placé au voisinage de l'image, suffit à réduire cette cause d'erreur à quelques millièmes de la valeur de l'éclairement de l'image principale.

Un viseur microscopique permet de mettre au point l'image lumineuse du filament exactement sur la couche de grains d'argent du cliché. Il suffit alors de remplacer l'objectif de visée par la cellule.

II. L'appareil a été établi pour utiliser les piles photoélectriques au sélénium, du type de celles étudiées par B. Lange et L. Bergmann. Leur sensibilité spectrale est assez voisine de celle de l'œil, mais décroît moins vite vers le rouge et vers le violet.

Nous avons repris l'étude de ces éléments pour les conditions expérimentales de leur emploi dans le microphotomètre. Jusqu'à un flux de 0,02 lumen, et pour une résistance du circuit extérieur de quelques milliers d'ohms, le débit photoélectrique est proportionnel au flux lumineux, aux erreurs d'expérience près. Ce débit correspond, avec l'image lumineuse de $0,0125^{mm}$, à environ 40 micro-ampères par lumen. La résistance intérieure est comprise entre 5000 et 10000 ohms. Elle diminue avec l'éclairement, mais est directement proportionnelle au débit. Il en résulte que le débit photoélectrique diminue relativement peu quand la résistance extérieure croît. Lorsque celle-ci passe de 0 à 5000 ohms, le courant débité ne baisse que de 25 pour 100.

Dans de tels éléments, Lange a montré, et nous avons nous-même vérifié, que le débit n'atteint sa valeur définitive qu'au bout de quelques minutes. Si l'on illumine brusquement la cellule, le courant photoélectrique atteint un maximum immédiatement après le début de l'éclairement, puis décroît lentement. Pour les intensités correspondant à l'emploi de l'appareil, cette baisse ne dépasse pas 2 à 3 pour 100, mais elle peut atteindre, pour de forts éclairages, jusqu'à 6 pour 100. On peut heureusement corriger à peu près entièrement cet inconvénient en plaçant devant la cellule un verre au fer. Dans les conditions d'emploi où nous nous sommes placé, on obtient pour le courant débité la valeur définitive, à moins de 2/1000ᵉ près, en un temps inférieur à une fraction de seconde. La perte de sensibilité due à l'interposition du verre au fer est environ de 25 pour 100.

III. Grâce à la grande quantité de lumière et à la sensibilité de la cellule, *il est possible de relier celle-ci, directement, sans amplification. à un galvanomètre de sensibitité moyenne :* 2 à $5.10^{-9}$ ampère. Un rhéostat permet de régler l'intensité lumineuse de manière à obtenir une déviation convenable

du galvanomètre dans les régions de densité minimum. En pleine lumière, avec l'image de 0,0125$^{mm}$, on peut mesurer une densité 2 (déviation 2$^{cm}$) et apprécier une densité 3 (déviation 2$^{mm}$). Il est possible d'obtenir des résultats bien plus favorables avec l'image de 0,024$^{mm}$, mais aux dépens du pouvoir de résolution de l'appareil. Pour la plupart des travaux courants, du reste, l'image de 0,024$^{mm}$ correspondant à une fente de même largeur, est parfaitement satisfaisante.

Une série de diaphragmes permet de régler la longueur de l'image lumineuse. On obtient ainsi des enregistrements excellents, même avec des images de 0,5$^{mm}$ de longueur. L'expérience nous a montré que, grâce à la faible consommation des lampes, même de celles de 4,5 ampères (18 watts), l'éclairement est parfaitement constant, si l'on emploie des accumulateurs de capacité suffisante. Avec quatre accumulateurs au plomb de 125 a. h. couplés deux à deux, on constate qu'il n'y a *aucune dérive* dans les graphiques.

La vitesse des enregistrements et leur fidélité dépendent uniquement de l'inertie et de la fidélité du galvanomètre. Enfin la quantité de lumière diffuse est pratiquement négligeable, même pour des variations très rapides de la densité.

PHOTOCHIMIE. — *L'action chimique de la lumière sur les dérivés diiodés des carbures d'hydrogène : les diiodoéthènes.* Note de M. **Guy Emschwiller**, présentée par M. Georges Urbain.

De même que pour les dérivés monoiodés, il est possible de tirer des données photochimiques des enseignements précieux sur la structure des dérivés diiodés.

On connaît deux 1.2-diiodoéthènes $CHI = CHI$, l'iodure d'acétylène trans, solide, et l'iodure d'acétylène cis, liquide; mais on n'avait pas préparé jusqu'à ce jour le 1.1-diiodoéthène $CH^2 = CI^2$.

H. P. Kaufman a cru obtenir, avec la collaboration de Th. Utzel, le 1.1-diiodoéthène par isomérisation des iodures d'acétylène, en solution éthérée, en présence de sodium métallique ([1]). J'ai reconnu que le produit décrit n'était qu'un mélange d'iodure d'acétylène trans et de diiodoéthine $CI \equiv CI$, formé par action lente de petites quantités de soude, conformément à la réaction signalée par J. U. Nef ([2]).

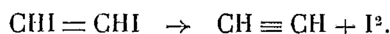
---

([1]) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 55, 1922, p. 256.
([2]) *Liebigs Ann.*, 298, 1897, p. 342.

J'ai préparé le 1.1-diiodoéthène en faisant agir de petits morceaux de soude caustique sur une solution éthéro-alcoolique de 1.1.2-triiodoéthane, produit primaire de l'action du gaz iodhydrique sur les iodures d'acétylène ([1]). C'est un liquide, presque incolore mais altérable, d'odeur douce, de densité 2,94 à 15°, possédant un spectre d'absorption ultraviolet caractéristique. Il bout à 61° sous 18$^{mm}$, vers 165° à la pression atmosphérique en se décomposant; il détone après quelques minutes de chauffage à cette température.

Le 1.1-diiodoéthène est décomposé par la soude, comme les iodures d'acétylène, avec production d'acétylène et de diiodoéthine. Il fixe très énergiquement le gaz iodhydrique en donnant du méthyliodoforme, qui se trouve ensuite, pour une très grande part, réduit en iodure d'éthylidène. Il réagit en solution éthérée sur le couple zinc cuivre; il se fait de l'acétylène et surtout des carbures condensés.

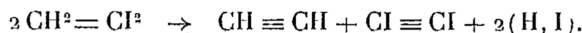
*Photolyse.* — Les iodures d'acétylène sont décomposés par les radiations ultraviolettes en donnant exclusivement de l'iode et de l'acétylène, conformément à la réaction :



$$CHI = CHI \rightarrow CH \equiv CH + I^2.$$

La photolyse du 1.1-diiodoéthène produit aussi de l'acétylène et de l'iode, mais il y a déficit de l'iode par rapport à l'acétylène et formation d'autres corps. Les parois du ballon se recouvrent d'un dépôt brun; le gaz contient de petites quantités d'éthylène et de méthane; le liquide éclairé, débarrassé de l'iode, est fortement coloré en jaune et paraît renfermer du méthyliodoforme $CH^3 - CI^3$ et du tétraiodoéthène $CI^2 = CI^2$.

Il semble y avoir deux modes de décomposition photochimique du 1.1-diiodoéthène, le premier libérant de l'acétylène avec enlèvement des deux atomes d'iode, le second impliquant le départ simultané d'iode et d'hydrogène. On peut supposer que la lumière produise ainsi, comme le fait la soude, de l'acétylène et du diiodoéthine :



$$2\,CH^2 = CI^2 \rightarrow CH \equiv CH + CI \equiv CI + 2(H, I).$$

Il y aurait ensuite décomposition photochimique du diiodoéthine en carbone et tétraiodoéthène ([2]), tandis que les atomes d'hydrogène et d'iode, séparés ou combinés, viendraient concourir, par action sur le 1.1-diiodoéthène, à la production de méthyliodoforme, d'éthylène et de méthane.

*Oxydation photochimique.* — C'est un fait remarquable qu'on ne peut

---

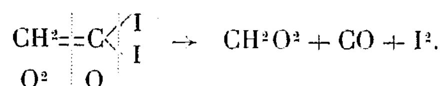
([1]) Guy Emschwiller, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1028.

([2]) V. Meyer et W. Pemsel, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **29**, 1896, p. 1411; H. Biltz, *ibid.*, **30**, 1897, p. 1206.

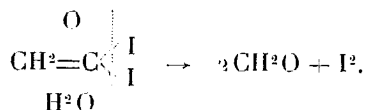
réaliser l'oxydation photochimique des iodures d'acétylène. L'oxygène introduit se retrouve inchangé; la photolyse se poursuit avec la même vitesse qu'en l'absence d'oxygène.

Par contre, le 1.1-diiodoéthène peut être oxydé complètement sous l'action de la lumière ultraviolette. Les parois du récipient se recouvrent de cristaux d'iode et de très fines gouttelettes d'un liquide jaune clair, soluble dans l'eau; dans la solution aqueuse j'ai caractérisé la présence d'acide formique et de traces de formol. Le gaz produit renferme de l'oxyde de carbone (57 pour 100), de l'anhydride carbonique (23 pour 100) et de l'acétylène (20 pour 100). Il y a sensiblement correspondance entre les quantités moléculaires d'acide formique et d'oxyde de carbone.

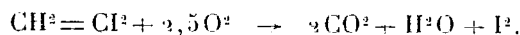
Cette attitude si opposée des diiodoéthènes, en présence de lumière et d'oxygène, fait apparaître une différence fondamentale entre les propriétés des groupements $CH=CH$ et $CH^2=C$, issus du départ des deux atomes d'iode. Elle permet de rapprocher l'iodure de vinyle et le 1.1-diiodoéthène et d'établir que, dans la molécule d'iodure de vinyle, l'atome d'hydrogène singulier est fixé au même atome de carbone que l'atome d'iode (1). Aussi bien les réactions principales d'oxydation de l'iodure de vinyle et du 1.1-diiodoéthène sont-elles tout à fait comparables :



L'analogie peut être poussée plus loin, car il suffit d'introduire de l'eau pour qu'apparaissent des quantités notables de formol par réaction d'hydrolyse oxydante du 1.1-diiodoéthène :



La différence est la production abondante d'anhydride carbonique dans le cas du 1.1-diiodoéthène; elle doit être attribuée essentiellement au deuxième mode de décomposition avec perte simultanée d'iode et d'hydrogène :



Ainsi l'étude photochimique permet de révéler une indiscutable solida-

(1) GUY EMSCHWILLER, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 424.

rité entre les atomes d'iode dans les molécules des diiodoéthènes. Mais, comme pour les dérivés monoiodés, il y aussi à considérer une solidarité entre atomes d'iode et d'hydrogène, qui apparaît particulièrement importante dans le cas du 1.1-diiodoéthène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude thermométrique de la formation des complexes minéraux*. Note de MM. **P. Mondain-Monval** et **René Paris**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lorsqu'on ajoute à une solution contenue dans un calorimètre des quantités régulièrement croissantes d'un réactif maintenu à température constante, on peut saisir la fin des réactions grâce aux variations brusques de l'effet thermique développé. Cette méthode de volumétrie thermométrique (¹) donne des résultats d'autant plus nets que les effets thermiques envisagés sont plus oonsidérables. Différents auteurs (Dean, Mayr et Fish) ont montré son intérêt en analyse quantitative. Nous nous sommes proposé d'en étendre l'application à l'étude de la formation des complexes qui prennent naissance par *dissolution* d'un précipité dans un excès de réactif.

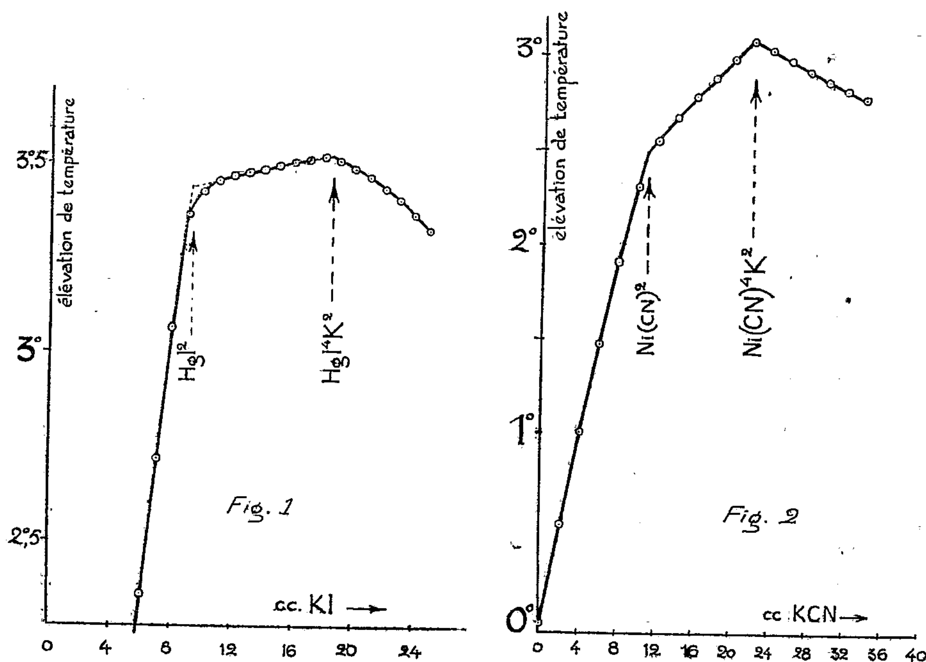
Au contenu d'un vase de Dewar thermiquement isolé (calorimètre) on ajoute, en agitant mécaniquement, par portions de 1 ou $2^{cm^3}$ à la minute, le réactif placé dans une burette calorifugée. On suit, au centième de degré près, l'élévation de température et la représente graphiquement en fonction des quantités de réactif employées.

*Formation de l'iodomercurate de potassium.* — La courbe thermométrique (*fig.* 1) représentant l'élévation de température d'une solution de chlorure mercurique N/3 à laquelle on ajoute de l'iodure de potassium accuse un changement d'allure pour $9^{cm^3},2$, un autre pour $18^{cm^3},6$ d'iodure; or, le calcul, basé sur le titre des solutions, des quantités d'iodure nécessitées pour les formations successives de $HgI^2$ et $HgI^4K^2$ donne respectivement $9^{cm^3},38$ et $18^{cm^3},75$ d'iodure. La concordance de ces valeurs permet d'apporter une nouvelle preuve de l'existence, en solution, de la combinaison complexe $HgI^4K^2$, en accord avec les résultats de P. Job, M^lle Pernot et Gallais (²).

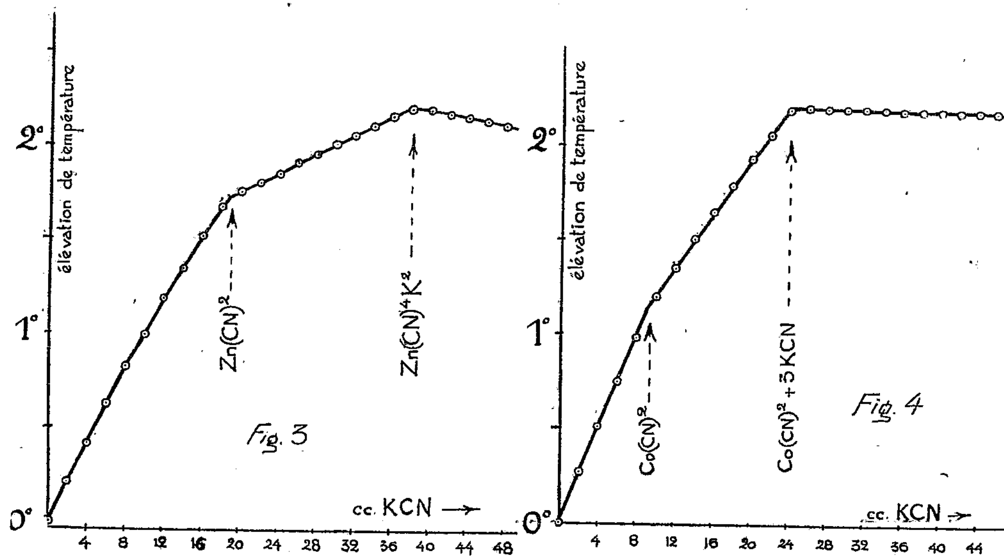
(¹) Dutoit et Grobet, *J. Chim. Phys.*, 19, 1921, p. 325 et 331.

(²) P. Job, *Ann. Chimie*, 9, 1928, p. 162; M^lle Peanot, *Ann. Chimie*, 15, 1931, p. 5; F. Gallais, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 875.

*Complexes cyanés du nickel, du zinc et du cobalt.* — Des solutions




aqueuses de sulfate de nickel, sulfate de zinc et nitrate de cobalt ont été




traitées par des quantités croissantes d'une solution de cyanure de potas-

sium jusqu'à redissolution du précipité formé tout d'abord. Les courbes thermométriques (*fig.* 2, 3, 4) mettent en évidence, par des brisures très nettes, la fin de la précipitation du cyanure simple $Me(CN)^2$ et de sa *redissolution* avec formation de cyanure complexe. Les points de virage théoriques (calculés d'après la concentration des solutions réagissantes) sont indiqués ci-dessous en regard des virages observés et des formules correspondantes :

| Formules..... | $Ni(CN)^2$. | $Ni(CN)^4K^2$. | $Zn(CN)^2$. | $Zn(CN)^4K^2$. | $Co(CN)^2$. | $Co(CN)^6K^4$. | $Co(CN)^2$ $+3KCN$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Virages observés ($cm^3$ KCN)..... | 11,0 | 22,0 | 18,6 | 38,0 | 9,5 | – | 24,0 |
| Virages théoriques ($cm^3$ KCN)..... | 11,00 | 22,01 | 19,00 | 38,00 | 9,63 | 28,89 | 24,07 |

La méthode thermométrique confirme donc les constitutions habituellement admises pour les cyanures simples et complexes des trois métaux précédents, sauf dans le cas du cobalt où il est logique de conclure à la formation d'un anion $Co(CN)^5$ plutôt qu'à celle de l'ion $Co(CN)^6$ qui nécessiterait une molécule de KCN supplémentaire. Ce dernier résultat confirme les faits observés dans les dosages volumétriques (¹) et potentiométriques (²) du cobalt.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination cryoscopique de l'hydratation globale des ions du chlorure de strontium.* Note de M. E. **Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Le degré d'hydratation globale des ions du chlorure de strontium a été déterminé à partir d'expériences cryoscopiques relatives à la résorcine dissoute dans des solutions 0,25 M et 0,5 M de ce chlorure. La connaissance des constantes cryoscopiques $k$, obtenue avec une substance non électrolyte dans l'eau, et $k'$ dans une solution saline, permet, en effet, de calculer le pour 100 d'eau fixé sur le sel en solution par la relation

$$x = \frac{100(k' - k)}{k'}.$$

Pour déterminer la valeur $k'$ relative aux solutions de chlorure de

(¹) Rupp et Pfenning, *Chemiker Zeitung*, 37, 1910, p. 322.
(²) Müller et Schluttig, *Zeit. f. anorg. Chem.*, 134, 1924, p. 333.

strontium, on admet que la résorcine présente dans ces solutions salines un équilibre entre molécules simples et triples, caractérisé par une constante $K_3 = c^3/c'$ possédant même valeur 3,500 que dans l'eau pure ([1]). Dans ces conditions, le paramètre $k'$ sera calculé de manière à rendre égale à 3,500 la constante

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C^2(330\Delta - ak')}{4a^2k'^2(3ak' - 330\Delta)},$$

relation dans laquelle, $c$, $c'$ et C représentent les concentrations respectives à 15°C. des molécules simple, triple et totale de la résorcine, cette dernière exprimée en molécules simples, $\Delta$ l'abaissement cryoscopique expérimental de la résorcine et $a$ la masse de cette substance par 100g d'eau. On prendra pour $k$ la valeur 18,4, obtenue expérimentalement à partir de solutions aqueuses et diluées de résorcine pour lesquelles ce polyphénol est entièrement dépolymérisé.

A partir de la valeur $x$ ainsi déterminée, on calcule le nombre $n$ de molécules d'eau fixées sur une molécule de chlorure de strontium par la relation

$$n = \frac{x \times M}{p \times 18},$$

$p$ représentant la masse de ce sel par 100g d'eau, déduite de la densité de la solution à la concentration considérée, et M la masse moléculaire du sel anhydre.

L'étude expérimentale a fourni les résultats ci-après pour les solutions $Cl^2Sr$ 0,5 M et 0,25 M (voir tableau, p. 1158).

De ce tableau résulte que, pour les concentrations C = 0,875 M à C = 2,000 M en résorcine, $K_3$ moyen a pour valeur 3,515 dans les solutions $Cl^2Sr$ 0,5 M, lorsque $k' = 24,3$ et 3,532 dans les solutions $Cl^2Sr$ 0,25 M lorsque $k' = 21,3$, et pour un intervalle de concentrations 1,000 à 2,500 M en résorcine. En tenant compte de la valeur moyenne de $K_3$ correspondant respectivement à $k' = 24,33$ et $k' = 21,35$, on calcule par interpolation que la valeur de $k'$ assurant au paramètre $K_3$ la valeur 3,500 est $k' = 24,3126$ pour la solution $Cl^2Sr$ 0,5 M et $k' = 21,3237$ pour la solution $Cl^2Sr$ 0,25 M.

---

([1]) F. Bourion, E. Rouyer et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1015.

| Concentration. | $Cl^2Sr$ 0,5 M ($k' = 24,3$). Δ. | $K_3$. | $Cl^2Sr$ 0,25 M ($k' = 21,3$) Δ. | $K_3$. |
|---|---|---|---|---|
| 0,250 | 0,605 | 2,664 | 0,525 | 2,459 |
| 0,375 | 0,873 | 2,189 | 0,765 | 2,444 |
| 0,500 | 1,146 | 2,653 | 1,001 | 2,784 |
| 0,625 | 1,405 | 2,864 | 1,225 | 2,923 |
| 0,750 | 1,659 | 3,098 | 1,448 | 3,154 |
| 0,875 | 1,9115 | 3,310 | 1,663 | 3,266 |
| 1,000 | 2,149 | 3,314 | 1,877 | 3,388 |
| 1,125 | 2,396 | 3,470 | 2,086 | 3,446 |
| 1,250 | 2,631 | 3,475 | 2,303 | 3,614 |
| 1,375 | 2,878 | 3,607 | 2,505 | 3,576 |
| 1,500 | 3,119 | 3,657 | 2,705 | 3,519 |
| 1,625 | 3,348 | 3,582 | 2,913 | 3,541 |
| 1,750 | 3,592 | 3,625 | 3,122 | 3,553 |
| 1,875 | 3,823 | 3,545 | 3,327 | 3,510 |
| 2,000 | 4,070 | 3,567 | 3,540 | 3,517 |
| 2,125 | – | – | 3,767 | 3,605 |
| 2,250 | – | – | 3,985 | 3,594 |
| 2,375 | – | – | 4,198 | 3,525 |
| 2,500 | – | – | 4,426 | 3,532 |

On en déduit le pour 100 $x$ d'eau fixée sur le sel, soit 24,32 pour la première concentration et 13,71 pour la seconde. Par suite le nombre de molécules d'eau fixées sur une molécule de chlorure de strontium sera

$$n = \frac{24,32 \times 158,6}{8,019 \times 18} = 26,72$$

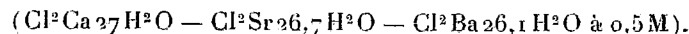
à la concentration 0,5 M et

$$n' = \frac{13,71 \times 158,6}{3,9855 \times 18} = 30,31$$

à la concentration 0,25 M.

Les hydrates correspondants s'écriront $Cl^2Sr\,26,7\,H^2O$ et $Cl^2Sr\,30,3\,H^2O$.

Ces degrés d'hydratation sont comparables à ceux trouvés précédemment et par la même méthode pour le chlorure de calcium [1] et le chlorure de baryum [2]; toutefois le degré d'hydratation diminue légèrement lorsque la masse atomique du cation augmente



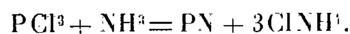
($Cl^2Ca\,27\,H^2O$ — $Cl^2Sr\,26,7\,H^2O$ — $Cl^2Ba\,26,1\,H^2O$ à 0,5 M).

---

[1] F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 175.
[2] E. Rouyer, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 742.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau composé hydroxyazoté du phosphore.* Note de M. **Paul Renaud**.

J'ai décrit [1] la préparation d'un corps amorphe, insoluble, d'analyse difficile et j'ai donné les raisons de lui attribuer la formule PN, sa préparation étant représentée par l'équation



$$PCl^3 + NH^3 = PN + 3ClNH^4.$$

Je l'ai préparé en grande quantité aussi pur que possible et je l'ai hydrolysé pendant 15 jours à 100°, tantôt en tubes scellés, tantôt en atmosphère d'azote. Il se forme toujours beaucoup de phosphure d'hydrogène gazeux. La plus grande partie du solide disparaît, on filtre. Dans un exsiccateur, la solution laisse déposer de beaux cristaux toujours identiques quel que soit leur mode de préparation.

L'équation la plus simple expliquant la formation d'hydrure de phosphore suppose la scission de l'eau en ses ions H et OH :



$$5PN + 6H^2O = 2PH^3 + 3PNO^2H^2 + N^2.$$

Elle est acceptable car l'analyse des cristaux vérifie la formule $PNO^2H^2$. A partir de $71^g$ de phosphure PN, j'ai obtenu $68^g$ de cristaux purs, ce qui représente 90 pour 100 de la théorie.

*Propriétés physiques.* — Ces cristaux incolores sont quadratiques, allongés suivant l'axe quaternaire. J'ai obtenu des cristaux uniques de $5^{cm}$ de long, $1^{cm}$ de large et 0,2 d'épaisseur. Leur densité est 1,77.

M. Goldsztaub a fait leur examen optique. Leurs indices de réfraction sont :

$$n_g = 1,522; \quad n_p = 1,479.$$

Ils sont optiquement négatifs. Ils présentent les faces $m(1,0,0)$ et $b^1(101)$, le rapport des paramètres étant $a : b = 1,004 \pm 0,004$.

MM. Mathieu, Goldsztaub et Kourilenko ont réalisé des diagrammes de cristal tournant qui donnent, pour les paramètres, les valeurs :

$$a = 7,60\,\text{Å} \pm 0,01, \qquad b = c = 7,57 \pm 0,03.$$

Le nombre des molécules par maille est 6 (5,95), si l'on a bien affaire à $PNO^2H^2$.

---

(1) *Bull. Société Chimique*, 4e série, t. 53, 1933, p. 692.

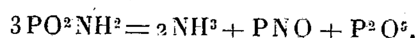
Les cristaux sont solubles dans l'eau et se reforment par évaporation. Le liquide est légèrement conducteur. La conductibilité moléculaire en solution décinormale est moitié de celle du chlorure de potassium, ce qui est très peu, surtout si le corps contient les ions H ou OH. La dissociation est faible et l'on peut mesurer le poids moléculaire dans l'eau. J'ai opéré sur plusieurs échantillons à différentes concentrations.

| | Produit | | | |
|---|---|---|---|---|
| | impur. | pur. | pur. | Théorie. |
| Concentration.......... | 0,01 | 0,044 | 0,072 | — |
| Poids moléculaire...... | 68,7 | 72 | 77 | 79 |

Le nombre 79 est contrôlé par les rayons X, aux erreurs d'expérience près.

Les cristaux fondent à 195° et se décomposent vers 210° avec dégagement d'ammoniac.

*Propriétés chimiques, analyse.* — Les difficultés d'analyse que j'ai signalées pour le phosphure d'azote PN existent encore avec ces cristaux, mais atténuées. Leur décomposition se fait en deux temps. Le premier correspond à la perte de l'hydrogène à l'état d'ammoniac :



$$3PO^2NH^2 = 2NH^3 + PNO + P^2O^5.$$

En effet, les deux tiers seulement (67 pour 100) du phosphore précipitent de la solution par le réactif ammoniaco-magnésien.

De plus l'ammoniac dégagé sous l'action d'une solution de potasse bouillant vers 50° dans le vide, même pendant 8 heures, ne correspond qu'aux deux tiers (67,5 pour 100) de l'azote total.

Enfin l'ammoniac dégagé dans le vide par les cristaux secs chauffés au rouge correspond sensiblement aussi aux deux tiers (60 pour 100) de l'azote et à la totalité (90 pour 100) de l'hydrogène. Le dégagement n'est pas complet par suite de la présence de l'anhydride phosphorique.

Le deuxième temps, plus complexe semble-t-il, est plus pénible. Il a fallu chauffer les cristaux 200 heures dans l'acide sulfurique pour obtenir la totalité (101 pour 100) du phosphore. En dosant l'ammoniac dans un appareil spécial destiné à éviter les entraînements de potasse, il a fallu maintenir l'ébullition 200 heures pour obtenir 86,2 pour 100 de l'azote. L'attaque au chromate de plomb dans le vide et au rouge a fourni 91 pour 100 de l'azote par rapport à la théorie.

La détermination du poids moléculaire par les rayons X (78,3) peut être

considérée comme un dosage direct de l'oxygène donnant les nombres 20,4 ou 41,0.

| | Expérience. | Théorie. |
|---|---|---|
| Hydrogène | 2,3 | 2,5 |
| Azote | 16,1 | 17,7 |
| Phosphore | 39,6 | 39,2 |
| Oxygène | 41,0 | 40,5 |
| Total | 99,0 | 99,9 |

*Fonction acide.* — Les cristaux dissous dans l'ammoniac laissent déposer par évaporation des produits nouveaux cristallins qui semblent des sels et dont je poursuis l'étude avec l'espoir d'en déduire la formule développée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la combustion du fulminate de mercure comprimé dans le vide.* Note de MM. **H. Muraour** et **W. Schumacher**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que la combustion ne se propage pas dans une traînée de fins cristaux de fulminate de mercure enflammée par un fil rougi dans le vide et ce fait a été à nouveau confirmé par les récentes expériences de Burlot. Nous avons pensé que cette non propagation était due à ce que les gaz émis par les premiers cristaux décomposés sont incapables, par suite de la détente dans le vide, d'enflammer les cristaux voisins. Si cette hypothèse est exacte le fulminate fortement comprimé doit brûler dans le vide. C'est bien en effet ce que nous avons constaté. Les essais ont été exécutés dans les conditions suivantes :

Dimensions des comprimés : diamètre, $8^{mm},83$; hauteur, $3^{mm},93$.

Poids, $0^{g},990$; compression à 49 kg/mm²; densité, 1,4.

Le comprimé était placé sous une cloche de verre d'un volume de 10 litres environ,

Inflammation par fil de platine de 5/100$^{e}$ de millimètre de diamètre et de $2^{cm}$ de longueur plié en forme de V, la pointe du V étant appliquée au centre de la surface supérieure du comprimé, courant de 65 volts et 1,5 ampère. Vide de 3/1000$^{e}$ de millimètre.

La combustion s'effectue en un temps extrêmement court, très inférieure à la seconde, mais il n'y a pas de détonation et les effets mécaniques sont rigoureusement nuls.

Dans une des expériences et par suite sans doute d'une inflammation dissymétrique par le fil rougi qui avait été appliqué sur la face supérieure

du comprimé, celui-ci s'est déplacé pendant la combustion, avec une très grande rapidité dans l'intérieur de la cloche en venant frapper les parois, preuve évidente de la très grande vitesse du dégagement gazeux.

De l'ensemble des essais jusqu'ici exécutés, il résulte qu'au point de vue de la façon dont ils se comportent par inflammation, par fil rougi, dans le vide, les explosifs se classent en trois catégories :

1° explosifs pour lesquels, *même à l'état comprimé*, il n'y a pas de propagation de la combustion (coton-poudre, acide picrique, trinitrotoluène, etc.);

2° explosifs pour lesquels, à l'état comprimé, il y a propagation de la combustion sans effet mécanique (fulminate de mercure);

3° explosifs pour lesquels, à l'état comprimé ou à l'état de poudre cristalline, il y a détonation avec effets mécaniques violents (azoture de plomb, fulminate d'argent).

Le trinitrorésorcinate de plomb, bien que ne produisant que des effets mécaniques beaucoup plus faibles, appartient aussi à ce groupe.

Dans cette catégorie, se place également le perchlorate du diazo de métanitraniline qui, enflammé dans le vide, produit des effets mécaniques extrêmement violents, au moins égaux à ceux observés avec l'azoture de plomb [1].

Cette dernière constatation est importante, elle montre que la faculté de détoner dans le vide par simple inflammation, n'est pas liée à la présence d'un atome de métal dans la molécule de l'explosif.

GÉOLOGIE. — *Gisement et position géologiques des bauxites de Grèce.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. L. Cayeux.

La composition minéralogique des bauxites de Grèce [bauxites à diaspore [2]] rendait particulièrement intéressante la détermination de leur mode de gisement et celle de leur niveau stratigraphique.

La visite que nous avons faite, l'automne dernier, des principaux gîtes situés : (A) dans la région du Parnasse, d'Amphissa, du Ghiona, et aux environs d'Athènes; et (B) dans la grande île d'Eubée, nous permet d'établir les faits suivants :

---

(1) En enflammant par fil rougi 0g,1 d'explosif, on obtient facilement, dans le vide, la rupture en plusieurs fragments d'une feuille d'acier de 1/10e de millimètre d'épaisseur. Les effets mécaniques sont naturellement très localisés.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 187.

Les bauxites se comportent, suivant les points, soit comme des couches relativement continues, soit comme des amas sporadiques, réalisant les manières d'être habituelles des bauxites de Provence; le mur étant généralement très irrégulier tandis que le toit est toujours régulièrement posé sur le minerai.

Le mur, en ce qui concerne les gîtes (A), est formé de Jurassique supérieur, le plus souvent représenté soit par des calcaires à Nérinées, soit par des calcaires à Dicératidés. Lithologiquement, il s'agit de calcaires grumeleux et graveleux. Les calcaires, primitivement foncés, ont été blanchis du fait même de la formation de la bauxite. Le toit, pour les mêmes gîtes, est fait de calcaires à Milioles, souvent noirs et fétides, qui passent rapidement en verticale à des calcaires de même type mais contenant en outre de nombreux débris d'Hippurites. On reconnaît aisément *Hippurites Gaudryi* Munier-Chalmas, qui date les couches correspondantes comme Sénonien inférieur. Parfois des calcaires lacustres, sans fossiles visibles, sont immédiatement superposés aux bauxites, et ce n'est qu'au-dessus d'eux qu'on trouve les calcaires à Hippurites.

Aux points où on les voit, les bauxites en question correspondent donc à une large lacune qui embrasse le Crétacé inférieur et le début du Crétacé supérieur. Mais nous avons pu trouver, dans la région parnassienne même, sous forme d'écaille charriée sur le flysch éocène (Route de Levadia à Distomo), des conglomérats partiellement formés de blocs à Orbitolines reposant sur les dolomies de la base du Jurassique, qui témoignent de déblaiements importants opérés après l'Aptien. Nous en concluons que c'est à des dissolutions et à des érosions qu'il faut attribuer la hauteur stratigraphique actuelle du mur de la bauxite et que celle-ci n'a commencé à pouvoir se produire qu'après l'Aptien. Le cas des bauxites de Grèce est donc celui même des bauxites de Provence qui sont, comme on le sait, post-aptiennes.

Les gîtes (B) semblent mettre en évidence un mur urgonien et un toit cénomanien: du moins est-ce ce qui résulte avec probabilité, sinon avec certitude, de l'examen des caractères pétrographiques du mur et du toit des gîtes de l'île. Les choses seraient en Eubée comme elles sont, en Provence, au Revest près de Toulon.

Les bauxites des régions citées sont donc du même âge que les bauxites provençales. Elles ont commencé à se produire après l'Aptien. Leur temps a plus ou moins duré, mais elles furent toutes recouvertes par des sédiments appartenant au moins au Sénonien inférieur.

D'autre part il nous a été donné de fixer la position stratigraphique d'un autre niveau bauxitique situé en plein Éocène, dans la traversée, sur le

golfe de Corinthe, au Nord de Patras, de la zone du Pinde et de l'Olonos. On recoupe ce niveau aux flancs de la montagne Klokova à l'Ouest de Naupacte (Lépante). Le mur de la bauxite est fait de calcaires à Nummulites où l'on reconnaît entre autres fossiles *N. perforatus* (= *crassus* = *aturicus*) et *Orbitolites complanatus*. Il se classe comme Lutécien moyen. Il surmonte des calcaires à grandes et longues Alvéolines Quant au toit, d'abord constitué par une mince couche de calcaires fétides, il passe immédiatement à des calcaires à Milioles où l'on voit en abondance l'oursin classique du Vicentin *Amblypygus dilatatus*.

La bauxite de Klokova serait donc lutécienne. A mon sens, on doit la paralléliser avec les couches à lignites qui, dans le Vicentin (Monte Pulli), précèdent l'horizon de San Giovanni Ilarione; étant entendu qu'il faut élargir la zone où, dans la région italienne, l'on eut l'habitude de trop étroitement cantonner, à la suite des travaux de Munier-Chalmas et Hébert, *Nummulites perforatus* d'une part, *Amblypygus dilatatus* d'autre part.

Ce dernier niveau éocène de bauxite n'est que très peu développé en Grèce. Au contraire, il l'est très largement en Yougoslavie (Dalmatie) où il représente le deuxième niveau de bauxites de ce pays. Mais en Yougoslavie, dans les gîtes que nous avons pu visiter, le toit nous est apparu comme constamment formé par les conglomérats de Promina, d'âge post-lutécien, et qui constituent un sédiment de déblaiement. Nous pouvons donc, grâce à la détermination du toit de la bauxite grecque correspondante, assigner à ce niveau un âge plus précis.

Nous n'avons pas trouvé, en Grèce, le niveau inférieur des bauxites de Yougoslavie qui marque la limite du Maestrichtien et du Danien, dont le toit est constitué souvent par les classiques couches de Cosina. Il y eut, à cette époque, continuité de la sédimentation marine sur le lieu des terres helléniques.

GÉOLOGIE. — *Sur les couches intermédiaires entre le Silurien et le Dévonien dans les Asturies*. Note de M. **Pierre Comte**, présentée par M. L. Cayeux.

Les travaux de M. Charles Barrois [1] dans les Asturies et la Galice ont montré que la sédimentation marine y était continue du Silurien au Dévo-

---

[1] *Mém. Soc. Géol. Nord*, Lille, 2, 1882, p. 1.

nien, sans trace apparente de discordance ou lacune. Mais la séparation des deux systèmes est rendue délicate par suite de l'absence de fossiles dans les couches à faciès gréseux, voisines de la limite.

La succession reconnue par lui est la suivante, de haut en bas :

1° *schistes et calcaires de Nieva, à Spirifer hystericus* (Coblencien);

2° *grès de Furada*, grès ferrugineux et schistes, sans fossiles;

3° *schistes, quartzites et ampélites de Corral*, sans fossiles;

4° *schistes calcareux de el Horno, à Endoceras duplex* (Caradoc?);

5° *schistes ardoisiers de Luarca, à Calymene Tristani* (Llandeilo).

L'âge des termes (2°) et (3°) n'est pas fixé paléontologiquement. M. Ch. Barrois (¹) rapporte l'étage de Corral « au Silurien supérieur, sans raisons suffisantes, dit-il, car on pourrait tout aussi bien les rattacher à la base du terrain dévonien ». Quant au grès de Furada, il est parallélisé, à cause des analogies de position, avec les quartzites du Taunus qui forment la base du Coblencien des massifs rhénans d'Allemagne (sous-étage Taunusien).

Je puis apporter à la solution de ce problème une précision nouvelle. Au cours de mes recherches, sur le littoral à l'Est de Bayas et près de Furada, j'ai trouvé, dans un banc de schiste noir micacé intercalé dans les grès en question, de nombreux Brachiopodes associés à des Conulaires. Leur bon état de conservation permet d'y reconnaître aisément *Discina striata* Sow, *Conularia hastata* Slater. La Discine est caractéristique du Ludlow supérieur des Iles Britanniques; la Conulaire ne se rencontre également qu'à ce niveau. Dans l'affleurement considéré bien que les grès soient séparés des schistes plus anciens par un accident tectonique, il est certain que le niveau fossilifère observé est bien plus près de la base que du sommet de la série gréseuse. Les grès de Furada, généralement très ferrugineux, ont environ 200$^{m}$ d'épaisseur. Des schistes, puis des calcaires marneux noirs leur font suite; dans ces derniers on trouve quelques fossiles, en particulier *Spirifer hystericus* Schlt., qui prouvent leur âge coblencien.

*Conclusions.* — 1° Malgré l'absence de fossiles, on peut affirmer que les schistes et quartzites de Corral, étant compris entre des couches contenant la faune de l'*Upper Ludlow*, et l'Ordovicien à *Calymene Tristani*, sont gothlandiens.

2° Une part notable des grès de Furada est encore silurienne : la base de cette formation est maintenant datée paléontologiquement; elle appartient au Ludlow supérieur. Or la partie supérieure du grès de Furada conte-

(¹) *Ibid.*, p. 459.

nant, d'après les observations de M. Barrois, des *Spirifer hystericus*, qu'il a signalés dans la vallée du Rio Nalon ([1]) où son sommet affleure, il en résulte que l'étage des grès et schistes de Furada, comme en Bretagne les schistes et quartzites de Plougastel, représente sous le facies marin littoral, les couches de passage du Silurien au Dévonien, l'équivalent de l'étage gédinnien de l'Ardenne, dont il faudrait maintenant rechercher la faune caractéristique en sa partie moyenne. C'est dans la masse même du grès de Furada que se trouve la limite entre le Silurien et le Dévonien.

3° A ne s'en tenir qu'à la péninsule Ibérique, il est intéressant de rappeler ici que M. Pierre Pruvost ([2]) a signalé des couches de facies très analogues formant passage du Silurien au Dévonien dans la région de Portalegre (Portugal) et il remarquait à ce propos que la continuité de la sédimentation depuis le Cambrien jusqu'au Dévonien semble générale au Nord de la région envisagée, mais ne se retrouvait pas au Sud, au delà du plateau cristallin d'Evora.

BOTANIQUE. — *Sur la division et l'élongation des cellules dans le genre* Closterium *Nitzsch.* Note de M. **Lefèvre**, présentée par M. L. Mangin.

En raison d'une théorie généralement admise et reproduite dans la plupart des traités d'Algologie générale, Lütkemüller, reprenant les travaux de Fischer et de Hauptfleisch, avait divisé les espèces du genre *Closterium* en deux groupes : *a. Gürtelbandlose closterien; b. Gürtelband closterien.*

Les premières sont caractérisées par l'incapacité dans laquelle elles se trouvent de s'allonger en dehors de tout phénomène de division (*Closterium acerosum* Ehrbg.).

Les secondes, au contraire, peuvent subir des élongations alternant régulièrement avec des divisions (*Closterium angustatum* Kütz).

D'après Lütkemüller, toute division ou élongation provoque sur la membrane l'apparition d'une ceinture (Querbinde) et de lignes de sutures (Querstreifen) dont l'examen permet de déduire le nombre de divisions effectuées par une cellule depuis sa sortie de la zygospore. L'étude d'espèces obtenues en cultures cloniques unialgales, jointe à celle de récoltes natu-

([1]) Ch. Barrois, *op. cit.*, p. 484.

([2]) P. Pruvost, *Comm. Service Géologique, Portugal*, 10, Lisboa, 1914, p. 1-21.

relles, me conduit à infirmer plusieurs points de la théorie de Lütkemüller.

J'ai, en effet, cultivé *Cl. acerosum* (*Gürtelbandlose closterium*) en milieu liquide approprié. Au début, la végétation est excellente, les cellules possèdent leurs dimensions normales, les chloroplastes sont normaux, les pyrénoïdes volumineux et nombreux.

Si nous laissons cette culture s'épuiser sans la repiquer, les cellules, se multipliant en milieu confiné et intoxiquées par la concentration des produits de désassimilation, diminuent bientôt de longueur à chaque division et finissent par devenir minuscules sans toutefois perdre leur vitalité. Si nous remplaçons alors dans cette culture le milieu usé par du liquide nutritif neuf, nous voyons les cellules reprendre très rapidement leur taille normale.

L'examen de ces cellules serait déjà édifiant, mais il est préférable en vue de faciliter l'examen microscopique, de les maintenir quelques semaines en milieu nutritif défavorable mais non toxique qui leur permette de vivre sur leurs réserves sans se multiplier. Dans ces conditions, elles épaississent leurs membranes, meurent et se vident de leur contenu.

Si nous colorons alors ces membranes mortes par le bleu de crésyle, nous leur reconnaissons une structure absolument identique à celle des membranes des espèces du groupe *b* (*Gürtelband closterium*). Les ceintures, les sutures, le sillon de rupture (Ringfurche) et la dernière zone d'élongation (Gürtelband) sont admirablement mis en relief par le colorant qui indique, par des différences d'intensité de teinte, les différences d'épaisseur de la membrane correspondant à l'âge des divers segments.

Nous avons donc fait apparaître expérimentalement certaines propriétés que renfermait la cellule à l'état latent.

Des observations analogues ont été faites sur *Cl. moniliferum* Ehrbg. et *Cl. Leibleinii* Kütz. Ces espèces constituent cependant un matériel moins favorable, car leur faible longueur par rapport à leur largeur ne permet pas des variations d'amplitude aussi grande sous l'action des milieux de culture variés.

D'après Lütkemüller, toute division ou élongation fait apparaître sur la membrane des lignes de sutures nouvelles et un nouveau sillon de rupture sur l'hémisomate néoformé ou sur la dernière zone d'élongation. Le nombre des sutures permettrait donc de déduire le nombre de divisions et d'élongations subies par une cellule donnée. Mais, chez les cellules jeunes, la teinte plus ou moins foncée des différents segments de membrane et leur situation permettent également, et ceci avec une certitude absolue, de

déduire le nombre de divisions et d'élongations subies. Or, chez de nombreuses cellules (fait vérifié sur plusieurs espèces) les nombres de divisions déduits simultanément par l'une et l'autre méthode ne coïncident pas et sont en opposition formelle : le nombre de divisions et d'élongations déduit de l'examen du nombre des sutures est toujours inférieur à celui que fournit l'examen des segments colorés. Il s'ensuit que chaque division ou élongation ne provoque pas obligatoirement l'apparition de lignes de sutures nouvelles et ceci infirme encore la théorie de Lütkemüller.

Des observations personnelles qu'il serait trop long de développer ici me permettent d'affirmer :

1° que la position du sillon de rupture n'est pas constante sur les hémisomates néoformés ou sur les zones d'élongation : il ne se forme pas obligatoirement près des sutures centrales. Ceci explique l'existence, sur de nombreuses cellules, de plusieurs groupes distincts de sutures ou d'un nombre anormal de segments ;

2° que le bord du sillon de rupture peut, au contraire, coïncider avec celui de la dernière suture centrale et ne pas donner lieu à la formation d'une nouvelle ceinture ;

3° qu'il n'y a donc pas obligatoirement formation d'un nouveau sillon de rupture à chaque division ou élongation, le même sillon se reformant à la même place et servant plusieurs fois à la désarticulation de la membrane.

En conséquence, chaque division ou élongation ne fournissant pas toujours de lignes de sutures nouvelles, il est absolument impossible d'apprécier l'âge d'une cellule par le calcul du nombre de ses sutures. Les travaux basés sur la théorie de Lütkemüller, visant à établir l'âge « physiologique » des *Closterium* et qui conduisaient souvent à des conclusions assez aberrantes, sont donc manifestement erronés.

Enfin, tous les *Closterium* possèdent à l'état potentiel des facultés de croissance qu'on croyait jusqu'ici appartenir seulement à certaines espèces et qui peuvent se manifester sous des conditions biologiques déterminées. Il n'y a donc pas lieu de maintenir la classification instaurée par Lütkemüller, classification qui n'avait du reste pas été suivie par tous les auteurs.

BOTANIQUE. — *Sur la présence de faisceaux surnuméraires exclusivement libériens dans le parenchyme cortical des* Echeveria. Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. L. Mangin.

L'existence de faisceaux corticaux composés exclusivement d'éléments libériens étant un fait assez rare ([1]), nous croyons intéressant de signaler ceux dont nous avons découvert l'existence dans la tige des *Echeveria*.

Rappelons tout d'abord que la coupe transversale de cette tige, qui est circulaire, montre d'ordinaire la structure suivante.

L'épiderme est composé d'une assise de cellules qui ont des parois externes plus ou moins fortement cutinisées et qui, dans plusieurs espèces, sont parfois prolongées par des poils pluricellulaires non renflés au sommet.

Dans certaines des espèces examinées par nous, mais non dans toutes, on trouve un liége, d'origine épidermique, composé de trois ou quatre assises de cellules.

Au-dessous de l'épiderme, on observe, dans de nombreuses espèces, un petit nombre d'assises de cellules plus ou moins collenchymateuses.

L'écorce, non recloisonnée, n'est pas limitée intérieurement par une zone péricyclique.

L'anneau libéroligneux, qui est régulier, est constitué *extérieurement* par de petits amas de tubes criblés disséminés dans des cellules à parois minces, *intérieurement*, soit, ce qui est le cas le plus fréquent, par un anneau d'éléments lignifiés à parois épaisses sans vaisseaux, soit, ce qui s'observe plus rarement, par un anneau de prosenchyme cellulosique, *plus intérieurement* encore par des groupes de vaisseaux disséminés dans un parenchyme cellulosique à petits éléments.

Enfin la moelle cellulosique est tantôt persistante, tantôt plus ou moins résorbée.

Ajoutons que, dans tous les *Echeveria* que nous avons étudiés, le cylindre central envoie à la feuille un unique et large faisceau qui passe à travers l'écorce, tantôt presque horizontalement, tantôt plus ou moins obliquement.

---

([1]) H. Solereder, *Systematische Anatomie der Dicotyledonen*, Stuttgart, 1899, p. 970.

C'est dans le tissu cortical qu'on observe les faisceaux surnuméraires sur lesquels nous voulons attirer l'attention. Toujours très nombreux, ils forment un anneau discontinu plus ou moins épais, qui tantôt est plus proche de l'épiderme que du cylindre central, tantôt au contraire plus voisin de celui-ci que de celui-là, tantôt enfin à égale distance de l'un et de l'autre. Dans certaines espèces, l'anneau de faisceaux surnuméraires n'est séparé du liber normal que par deux assises de tissu cortical, de telle sorte qu'on a l'impression de n'être en présence que d'un liber anormalement large.

Ces faisceaux surnuméraires qui sont totalement dépourvus d'éléments ligneux ne pénètrent pas dans les feuilles et paraissent indépendants du cylindre central.

Si l'on étudie leur développement, on constate qu'ils procèdent par recloisonnement d'une cellule quelconque du parenchyme cortical. Cette cellule se divise d'abord en quatre à six éléments plus petits dont l'un se recloisonne bientôt de nouveau et donne naissance à un petit amas de tubes criblés analogue à ceux qui constituent le tissu libérien normal; les autres éléments se recloisonnent à leur tour et l'on a bientôt un véritable faisceau, non limité par une gaine collenchymateuse, qui est formé d'assez nombreux amas de petits tubes criblés entremêlés de cellules à parois minces.

La tige des *Echeveria* fournit donc un exemple particulièrement convaincant de la formation de tissu libérien aux dépens exclusifs d'éléments normaux du parenchyme cortical.

Quant au rôle des faisceaux libériens surnuméraires que nous venons de décrire, nous le croyons lié au mode de végétation si particulier des *Echeveria*.

BOTANIQUE. — *Remarques sur les caractères épidermiques des espèces américaines du genre* Agropyrum *P. B.* Note [1] de M. **Henri Prat**, présentée par M. L. Blaringhem.

Dans la famille des Graminées les caractères tirés de la constitution de l'épiderme peuvent être employés, conjointement avec les caractères morphologiques et anatomiques, en vue de la définition des groupes systématiques : tribus, genres, sections, espèces [2].

---

[1] Séance du 12 mars 1934.

[2] H. Prat, *L'épiderme des Graminées* (*Thèse*, Paris, 1931), et *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10e série, 14, 1932, p. 117 et 264.

Grâce à MM. Hitchcock et F. Marie-Victorin qui ont bien voulu me communiquer les spécimens de l'herbier national des États-Unis et de l'herbier de l'Université de Montréal, j'ai pu examiner spécialement au point de vue de ces caractères les principales espèces américaines du genre *Agropyrum* P. B., reliant cette étude à celle que j'avais faite des espèces de l'Ancien continent.

Dans le sous-genre *Euagropyrum*, j'avais mis en évidence l'existence de trois sections naturelles, définies par des caractères anatomiques et épidermiques, et les avais nommées : *intermedia*, *repentia* et *juncea*, la section *intermedia* (¹) présentant les affinités les plus étroites avec les genres *Triticum* et *Ægilops*. Comme confirmation récente, deux savants russes Verushkine et Shechurdine (²), ont réussi le croisement d'*Agropyrum intermedium* avec *Triticum vulgare* et *T. durum*, et celui d'*A. elongatum* avec de nombreuses catégories de Blés (par ordre de réussites décroissantes : *T. sphærococcum*, *durum*, *vulgare*, *turgidum*, *persicum*, *compactum*). Le pourcentage de réussites peut atteindre jusqu'à 74,13 pour 100. Or, *A. intermedium* et *A. elongatum* font précisément partie de ma section *intermedia*. Les tentatives faites avec d'autres *Agropyrum* des groupes *repentia* et *Eremopyrum* sont demeurées infructueuses.

Deux des espèces américaines que j'ai étudiées : *A. Smithii* Rydl. et *A. pungens* R. et S. (*A. tetrastachys* Scribn. et Smith), ont montré des caractères épidermiques les rattachant à la section *intermedia*. Entre autres caractères, ces deux espèces présentent sur la face externe des gaines de leurs feuilles terminales les cellules épidermiques d'un type particulier que j'ai appelées cellules à pointe courte Po, qui sont analogues aux cellules décrites par F. E. Lloyd chez le blé sous le nom de *crown cells* (³).

Les autres espèces classées dans le sous-genre *Euagropyrum* se rattachent par leurs caractères épidermiques à la section *repentia* : *A. dasystachyum* (Hook) Scribn., *A. spicatum* (Pursh) Scribn. et Sm. et *A. repens* (L.) P. B. En dehors de son mode de végétation en touffes, *A. spicatum* a des caractères morphologiques (Malte) et épidermiques voisins de ceux d'*A. dasystachyum*. Il y a donc lieu de le considérer comme un représentant cespiteux de la section *repentia*, où il occuperait une place comparable à celle que possède *A. elongatum* dans la section *intermedia*. Ce fait est intéressant, car aucun représentant européen de la section *repentia* ne rentrait dans ce cas.

---

(¹) H. Prat, *loc. cit.*

(²) *Journal of Heredity*, 24, 1933, p. 329.

(³) *Pulp and Paper Magazine*, 1921, p. 953.

Aucune des espèces américaines étudiées jusqu'ici ne m'a montré d'affinités avec la section *juncea*.

Le groupe d'*A. caninum* (sous-genre *Goulardia* Husnot p. g.) est représenté en Amérique par diverses espèces dont la nomenclature a été récemment très discutée. La plupart pouvant être groupées (Malte, Fernald) sous le nom d'*A. trachycaulum* Link avec des variétés : *tenerum* Vasey (*novæ angliæ* Scribn.); *unilaterale* Vasey (*Richardsonii* Schrad., *subsecumdum* Link). Leurs caractères épidermiques les rattachent, en effet, au groupe *Goulardia*. L'espèce *A. latiglume* rentre dans le même cas. Le véritable *A. caninum* semble ne pas être indigène en Amérique.

Après l'addition des espèces mentionnées ci-dessus, les différentes subdivisions du genre *Agropyrum* présentent donc la répartition américaine suivante :

1° la section *intermedia* est représentée en Amérique par deux espèces, dont l'une, *A. Smithii*, est certainement indigène et paraît spéciale au continent;

2° la section *repentia*, qui était monospécifique en Europe, est représentée en Amérique par plusieurs espèces qui offrent entre elles des divergences notables; l'une d'elles *A. spicatum* est cespiteuse, cas nouveau dans la section;

3° le groupe *Goulardia* présente également un amplitude de variations beaucoup plus grande dans le Nouveau-Monde qu'en Europe. Ceci semble être en relation avec les propriétés de cleistogamie et d'autofécondation que possèdent ses représentants américains (Malte), circonstance favorable à l'individualisation de petites espèces. Il est à noter que certaines de ces espèces ou variétés tendent à établir les transitions avec la section *repentia* du sous-genre *Euagropyrum*. Or nous avons déjà signalé la ressemblance des caractères épidermiques entre les groupes *repentia* et *Goulardia*, ressemblance beaucoup plus grande que celle qui existe entre les sections *repentia*, *intermedia* et *juncea*, placées cependant dans le même sous-genre; d'où l'opinion qu'il n'y a pas lieu de maintenir un sous-genre *Goulardia*, et qu'il vaut mieux l'incorporer comme section dans le sous-genre *Euagropyrum*.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la régularité de la réduction chromatique et la parfaite constitution pollinique d'un hybride entre espèces à nombres inégaux et aneuploïdes de chromosomes* (Iris autosyndetica *Nob.*). Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. L. Blaringhem.

Nous avons montré (¹) que les Iris des sections *Pogoniris* et *Regelia* sont caractérisés par des variations chromosomiques polyploïdes appartenant à deux séries différentes : 4 est le nombre chromosomique de base des premiers et 11 celui des seconds. Chez les *Pogoniris*, $n=8$, 12, 16, 20 et 24 définissent les espèces naines de l'Europe, tandis que les *grands Pogoniris* sont à $n=12$ ou $n=24$; ces deux nombres sont considérés comme diploïdes ou tétraploïdes, parce que des chromosomes particuliers décelés chez les premiers sont retrouvés en double chez les derniers. Chez les *Regelia* nous connaissons des formes diploïdes ($n=11$), triploïdes ($2n=33$) et tétraploïdes ($n=22$).

Il existe des hybrides (²) entre les espèces diploïdes et tétraploïdes des *grands Pogoniris* et des *Regelia* (*Pogoregelia*); en particulier, l'hybride qui fait l'objet de la Note actuelle se rapporte au croisement des deux types tétraploïdes de ces sections : *I. Hoogiana* Dykes, $n=22\times$ *I. macrantha* Hort. var. *Aurelle* Hort. (Denis), $n=24$; il a été obtenu par M. F. Cayeux.

Les deux parents possèdent des éléments chromosomiques somatiques dissemblables par leurs formes et par leurs dimensions; il existe quatre très grands chromosomes en V, quatre très grands chromosomes droits chez l'espèce ♀, huit chromosomes en V chez l'espèce ♂.

Dans l'*I. Hoogiana* × *macrantha*, nous avons noté $2n=46$, soit exactement la somme des compléments haploïdes des parents (♀ $n=22$ et ♂ $n=24$) avec les éléments caractéristiques de chacun d'eux.

Au lieu de présenter les anomalies propres aux hybrides réalisés entre espèces à nombres inégaux de chromosomes, sa réduction chromatique est *absolument régulière;* à la métaphase hétérotypique 23 gémini sont formés d'une manière constante, et les autres stades de la méiose s'effectuent d'une matière normale. A maturité, le pollen renferme 99 pour 100 de grains bien conformés qui germent avec régularité sur la gélose sucrée.

L'étude du comportement des chromosomes particuliers des parents a

(¹) *Bull. Biol. de la France et de la Belgique*, 66, 1932, p. 255-444.

(²) *Ibid.*, et *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 901-904.

permis de déterminer l'origine de la régularité de la méiose. Parmi les 23 gémini, il existe trois éléments plus gros, dont un très volumineux; les 2 gros gémini proviennent de la conjugaison deux à deux, et par leurs extrémités, des 4 chromosames en V de l'*I. macrantha* (chiasma double terminal), alors que le gros élément bivalent est dû à la conjonction, par une seule extrémité des 2 très grands chromosomes en V de l'*I. Hoogiana* (chiasma simple subterminal).

Ces observations permettent donc de concevoir que cette conjugaison très régulière résulte, non pas de la conjonction entre eux et deux à deux des éléments chromosomiques des deux garnitures ♀ et ♂ (allosyndèse), mais de la conjugaison entre eux et deux à deux des éléments de chacun des deux compléments chromosomiques ♀ et ♂ (autosyndèse).

Chez les Iris, plusieurs hybrides obtenus entre plantes polyploïdes appartenant à des séries chromosomiques différentes subissent aussi l'autosyndèse. Par exemple, si les garnitures diploïdes des *Regelia*, des *Oncocyclus*, des *Pogoniris* et des *Evansia* sont respectivement et schématiquement représentés par les lettres $\alpha\alpha$, $\beta\beta$, $\gamma\gamma$ et $\delta\delta$, et les garnitures tétraploïdes des *Regelia* et des *Pogoniris* par $\alpha\alpha\alpha\alpha$ et $\gamma\gamma\gamma\gamma$, nous avons déjà observé dans leurs hybrides les combinaisons suivantes : $\gamma\delta$ (*Pogoevansia*), $\beta\gamma$ (*Pogocyclus*), $\alpha\alpha\beta$ (*Regeliocyclus*), $\alpha\gamma\gamma$ et $\alpha\alpha\gamma\gamma$ (*Pogoregelia*).

Lorsque les espèces parentes n'ont aucun élément homologue entre eux, l'asyndèse est totale si les deux parents sont diploïdes ($2n$) à cause de l'haploïdie ($n$) de leur garniture chromosomique ($\gamma\beta$ et $\gamma\delta$ par exemple) ; au contraire, quand dans l'hybride l'un des parents est diploïde et l'autre tétraploïde ($4n$), il y a asyndèse des chromosomes du premier et autosyndèse de ceux du second par suite de la diploïdie ($2n$) de sa garniture chromosomique chez l'hybride ($\alpha\alpha\beta$ et $\alpha\gamma\gamma$ par exemple). Mais lorsque les parents sont tous deux tétraploïdes, il y a conjugaison autosyndétique des éléments de chacune des deux garnitures ($\alpha\alpha\gamma\gamma$), soit précisément le cas de l'*I. Hoogiana* × *macrantha* $[(22/2) : 11_{II} + (24/2) : 12_{II} = 23_{II}]$.

A notre connaissance, c'est la première fois que doit être signalé un hybride réalisé entre espèces à nombres différents et aneuploïdes de chromosomes en parfait équilibre chromosomique. D'autre part, $n = 23$ est tout à fait nouveau pour les Iris, ce qui porte à 20 les nombres différents comme dans ce genre : $n = 8$, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 36, 42, 43-44 et 54-56, soit une variation aneuploïde des plus typiques.

La régularité de sa réduction chromatique, sa parfaite constitution

pollinique, ses caractères génétiques intermédiaires entre ceux des sections *Pogoniris* et *Regelia* réunis pour la première fois sur une plante en parfait équilibre chromosomique nous autorise à élever cette plante au rang d'espèce.

Puisque sa stabilité chromosomique résulte de ce que les éléments de chacune des deux garnitures des parents, malgré la différence de leurs nombres chromosomiques, se trouvent être, indépendamment l'un de l'autre, dans un même état d'équilibre par suite de leur conjugaison autosyndétique, nous proposons de donner à cette plante le nom d'*I. autosyndetica* Nob. parce que, pour les Iris, l'autosyndèse est la caractéristique de cette nouvelle espèce.

Les premières fécondations effectuées chez cet Iris semblent montrer qu'il est autostérile par auto-incompatibilité de ses cellules sexuelles, et la caractéristique d'une espèce n'est-elle pas d'être fertile? Mais, cette sorte de stérilité, qui est aussi la caractéristique des *I. Hoogiana* et *macrantha*, et de la majorité des espèces *Pogoniris* et *Regelia*, est un phénomène purement physiologique, conditionné par des facteurs génétiques, qui ne relève d'aucune anomalie constitutionnelle due à l'hybridité.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des hormones cristallisées femelles sur le développement de quelques végétaux*. Note de M. **M.-M. Janot**, présentée par M. A. Béhal.

En 1931 et 1932, W. Schoeller et H. Gœbel [1] ont montré que les extraits purifiés de l'urine de femelles gravides et la β-folliculine favorisaient la croissance et hâtaient la floraison de quelques plantes. MM. A. Girard, G. Sandulesco, A. Fridenson et J. J. Rutgers ont isolé de l'urine de jument gravide trois nouvelles hormones cristallisées : l'*équiline* $C^{18}H^{20}O^{2}$, l'*hippuline* $C^{18}H^{20}O^{2}$ et l'*équilénine* [2] $C^{18}H^{18}O^{2}$. Ces auteurs ayant eu la générosité de me donner de ces hormones pures, j'ai pensé qu'il était important de les essayer sur les végétaux et de comparer leur activité à celle de la folliculine cristallisée $C^{18}H^{22}O^{2}$, de la dihydrofolliculine $C^{18}H^{24}O^{2}$ (hydrogénation de la fonction cétone) et du corps de Marrian $C^{18}H^{24}O^{3}$. Deux plantes ont été choisies identiques à celles employées par

(1) W. Schoeller et H. Gœbel, *Biochem. Zeits.*, **240**, 1931, p. 1; **251**, 1932, p. 223.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 909; **194**, 1932, p. 1020; **195**, 1932, p. 981.

les savants allemands : la jacinthe et le muguet. Le développement des plantes a été réalisé dans l'eau ou dans la terre.

*a. Dans l'eau distillée bouillie.* — Jacinthe *l'Innocence*. Les bulbes sont soigneusement nettoyés; l'appareil foliaire visible est réduit à 2 ou 3$^{mm}$.

Le 25 janvier 1934, ils sont placés dans des vases à jacinthe remplis d'eau, à l'abri de la lumière, dans une serre, à la température de 13 à 16°.

Le 10 février 1934, les racines seules s'étant surtout développées, on choisit cinq lots de trois plantes, un lot servant de témoin et les autres destinés aux hormones. Dans chaque cas, une plante à de « grandes » racines (80 à 90$^{mm}$), une autre de « moyennes » racines (50 à 60$^{mm}$), une troisième de « petites » racines (40 à 50$^{mm}$). Les vases sont vidés, rincés. On verse dans chacun d'eux 25$^{cm^3}$ de solution aqueuse saturée des principes énumérés plus haut. On complète avec de l'eau distillée bouillie jusqu'à la base des bulbes (environ 325$^{cm^3}$). On place, en pleine lumière, dans une serre à 18-22°. On agite quotidiennement et rétablit le niveau avec de l'eau distillée bouillie.

Le 27 février 1934, on opère le remplacement complet des solutions, et le tableau est le suivant :

*Plantes complètement épanouies.*

| Racines. | Témoin. | Folliculine. | Dihydro-folliculine. | Équiline. | Équilénine. |
|---|---|---|---|---|---|
| Grandes......... | + | + | + | + | + |
| Moyennes....... | o | + | + | + | + |
| Petites.......... | o | + | o | + | o |

Le 3 mars, les témoins sont tous épanouis mais la hampe florale est si courte que la sommité fleurie émerge à peine des feuilles, alors que chez tous les autres sujets, elle est à peu près trois fois plus grande que celle du témoin correspondant.

*b. Dans la terre.* — Muguet de « mai » à grandes fleurs.

1° Le 22 janvier, 60 bourgeons de 10 à 12$^{mm}$ portant des racines en nombre et de tailles semblables sont placés, par 4, dans des pots remplis d'une terre homogénéisée au tamis. Le collet est visible. L'expérience se passe dans une serre à 22-25°.

Le 30 janvier tous les bourgeons semblant identiques, on fait 5 parts de 3 pots, soit 12 plantes pour chaque essai. Le 30 janvier et les 1, 6, 9, 13, 17 février 1934 on arrose respectivement chaque travée avec 25$^{cm^3}$ de solution aqueuse saturée des hormones; le lot témoin ne reçoit que de l'eau

distillée bouillie. Les autres jours, tous les sujets sont imbibés avec 25$^{cm^3}$ d'eau distillée bouillie.

Le tableau donne la moyenne arithmétique de la taille des bourgeons puis de la plus grande feuille mesurée du collet au sommet. Cette moyenne correspond bien à la réalité des faits car presque toutes les valeurs individuelles en sont très rapprochées sinon confondues.

Tableau I.

| | Témoins. | Équilénine. | Équiline. | Dihydrofolliculine. | Folliculine. |
|---|---|---|---|---|---|
| Février 1. | 12 | 11,5 | 13 | 12 | 12 |
| 6. | 20,5 | 46,5 | 46,5 | 37,5 | 28,5 |
| 7. | 34 | 58,5 | 58,5 | 48,5 | 40 |
| 8. | 46 | 68 | 71,5 | 58 | 51 |
| 9. | 53,5 | 73 | 82 | 67,5 | 60,5 |
| 10. | 58 | 80,5 | 94 | 77,5 | 67,5 |
| 11. | 66 | 94 | 107 | 93,5 | 74 |
| 12. | 71,5 | 109 | 122 | 111 | 84 |
| 13. | 100 | 125 | 137 | 127 | 97,5 |
| 14. | 111,5 | 133,5 | 146 | 133 | 111 |
| 15. | 123,5 | 142 | 155 | 141,5 | 128 |
| 16. | 132 | 149 | 161 | 146 | 138 |
| 17. | 139 | 157 | 167 | 154 | 148,5 |
| 18. | 147 | 167 | 174 | 161 | 155 |
| 19. | 155 | 173,5 | 179 | 167,5 | 162 |
| 20. | 162 | 180 | 184 | 173 | 168 |
| 21. | 167 | 186 | 189 | 177 | 173,5 |

Tableau II.

| | Témoins. | Équilénine. | Équiline. | Folliculine. | Corps de Marrian. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1934. Février 22... | 22,5 | 23,5 | 25,5 | 23 | 22 |
| 23... | 30 | 34 | 37,5 | 32 | 30 |
| 24... | 36,5 | 43 | 47,5 | 41 | 40 |
| 25... | 45 | 54,5 | 61 | 54 | 49,5 |
| 26... | 54,5 | 68 | 75 | 65 | 57 |
| 27... | 57,5 | 75,5 | 82,5 | 71 | 70 |
| 28... | 69 | 86 | 94 | 80,5 | 73,5 |
| Mars 1... | 76 | 98 | 105,5 | 91,5 | 85 |
| 2... | 88 | 115 | 119 | 106,5 | 96 |
| 3... | 105 | 137 | 139 | 134 | 110 |
| 4... | 120 | 154 | 155 | 151,5 | 116,5 |
| 5... | 132 | 165,5 | 165,5 | 162,5 | 122 |
| 6... | 139 | 174 | 174,5 | 169 | 127 |
| 7... | 145 | 180,5 | 181 | 177,5 | 134,5 |
| 8... | 152 | 187 | 186 | 183 | 138 |
| 9... | 157,5 | 195 | 193 | 187 | 144 |
| 10... | 162 | 201,5 | 197 | 192,5 | 147,5 |
| 11... | 167 | 206,5 | 202 | 197,5 | 150,5 |

L'avance se produit dès les premiers jours et se conserve. L'équiline et l'équilénine et la dihydrofolliculine, contrairement à ce qui a été constaté dans le règne animal, où ces hormones sont 12 à 20 fois moins actives que la folliculine (¹) (Test d'Allen-Doisy), ont ici une action prépondérante.

*b*. Le 21 février, on réalise une nouvelle série d'expériences, mais en utilisant des solutions aqueuses à 4$^{mg}$ par litre et la dihydrofolliculine est remplacée par le corps de Marrian. On arrose *tous les jours* avec 25$^{cm^3}$ de ces solutions. Les résultats sont consignés dans le Tableau II.

Le corps de Marrian, à la dose utilisée, semble être toxique. Le nouveau mode d'administration montre que les trois hormones favorisent nettement la croissance.

---

(¹) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 981; *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 964.

*Conclusions.* — Les hormones cristallisées femelles : équiline, équilénine, folliculine et dihydrofolliculine (artificielle) « forcent » la croissance des jacinthes et des muguets et ceci à des doses inconnues pour les autres moyens chimiques. Leur action n'est pas parallèle à celle constatée chez les animaux.

ÉCOLOGIE MARINE. — *Observations et expériences sur les variations de l'alcalinité dans les flaques littorales.* Note de M. **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. Molliard.

Nous avons précédemment montré que, sur les côtes de la Méditerranée, aussi bien que sur celles de l'Océan atlantique et de la Manche, on pouvait distinguer deux types de flaques : d'une part, les flaques à Chlorophycées dans lesquelles le pH subit des variations quotidiennes importantes; et, d'autre part, les flaques à Phéophycées et à Floridées dans lesquelles, au contraire, le pH demeure beaucoup plus constant et se modifie très peu. Depuis lors, des observations et des expériences faites pendant l'hiver, au cours des mois de décembre 1933, janvier et février 1934, sur les côtes de l'île de Cézembre, dans la Manche, nous ont permis de préciser les points suivants :

1° La distinction entre ces deux types de flaques, très nette, en été, principalement sur les côtes de la Méditerranée, s'atténue en hiver. Pendant la mauvaise saison, en effet, on peut constater que le pH s'élève parfois jusqu'à 9, 4 dans les flaques à Algues calcaires appartenant aux genres *Lithothamnion* et *Lithophyllum*. Cette ascension du pH, au lieu de se produire très rapidement, comme dans les flaques à Chlorophycées, est lente et continue pendant toute la marée. Elle semble en rapport avec le métabolisme plus intense de ces Algues qui, à cette époque de l'année, tapissent, de leurs croûtes d'un rose vif, les flaques des côtes battues et semi-battues, alors qu'en été, sous l'action de la radiation solaire intense, elles sont plus ou moins décolorées. On sait d'ailleurs que ces flaques à Algues calcaires constituent un type de station tout à fait particulier. Pour les mêmes raisons, la légère élévation du pH constatée, en été, dans les flaques à Phéophycées ou à Floridées non incrustantes, est certainement plus marquée en hiver ou au printemps qu'en été.

2° L'élévation quotidienne du pH dans les flaques à Chlorophycées, est au contraire très rapide, puisque la concentration en ions hydrogène

s'élève parfois, en une heure, dans certaines flaques de 8,1, qui est le pH de l'eau de mer littorale, même en hiver, à 10,0 : puis reste stationnaire sans dépasser cette valeur.

3° Cette élévation du pH est indépendante de la température. Elle se produit même lorsque celle-ci demeure invariable et très basse (5°) ou se continue même si cette température s'abaisse de 1° à 2° au-dessous de cette valeur, comme il arrive parfois, en hiver, dans les premières heures de la matinée.

4° L'élévation du pH est, au contraire, déterminée par la lumière. Le 14 février 1934, par exemple, on a placé, devant une flaque, un écran en sorte que l'éclairement fut très fortement atténué. Dans ces conditions, le pH de cette flaque est demeuré constant et égal à 8,1 de $8^h,30$ à $15^h,15$ : et ceci bien que la température de l'eau se soit élevée de 5° à 8°. L'écran ayant été alors ôté à $15^h,15$, le pH s'est immédiatement et rapidement élevé à 10,0 valeur atteinte à $16^h$ (soit en trois quart d'heure) : et ceci, bien que la température de l'eau de la flaque soit demeurée constante et égale à 8°. Cette action évidente de la lumière explique pourquoi l'élévation de l'alcalinité est plus lente pendant les journées souvent nuageuses et faiblement actiniques de l'hiver, que pendant les beaux jours ensoleillés du printemps ou de l'été (réserve faite, bien entendu, de l'état des Chlorophycées qui peuvent alors être décolorées par la radiation solaire intense).

5° L'élévation du pH est faible ou nulle dans les cuvettes garnies de Phanérogames marines (Zostères). La légère élévation du pH que l'on peut parfois observer dans ce cas doit être attribué aux Algues, parfois nombreuses, qui croissent en épiphytes sur les feuilles de ces Graminées.

En résumé, les variations quotidiennes de l'alcalinité, dans les flaques du littoral, dépendent de la lumière. Elles semblent donc bien être en rapport très étroit avec l'assimilation chlorophyllienne particulièrement intense des Algues vertes.

PHYSIOLOGIE. — *Diurèse et métabolisme.*

Note de M. **Jules Amar**, transmise par M. d'Arsonval.

Étudiant la *diurèse* dans ses rapports avec le métabolisme, on a montré [1] que chaque centimètre cube d'urine excrétée représente 1,72 *calories* de

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1691.

l'énergie vraiment métabolisée. L'absorption d'une quantité donnée de *bière*, par exemple, détermine un excès d'urine d'énergie calorifique équivalente à celle de sa composition, alcool compris.

Nous retrouvons cette équivalence pour d'autres substances diurétiques, telles les *asperges*, *cerises* et *fraises* (expériences effectuées en 1932-1933).

1° *Action diurétique des asperges.* — Les expériences sont conduites comme il a été dit pour la bière : local à 16°,50; type d'alimentation et régime constants. On ajoute au *repas de midi* 350$^g$ *d'asperges cuites*, et l'on compare les quantités d'urines recueillies de 13$^h$ à 16$^h$ 30$^m$. Voici les résultats de deux épreuves sur un homme de 50 ans, poids de 70$^{kg}$ :

| | Sans addition d'asperges. | Avec 350$^g$ d'asperges. |
|---|---|---|
| De 13$^h$ à 15$^h$ | 111$^{cm^3}$ d'urine | 168$^{cm^3}$ d'urine |
| De 15$^h$ à 16$^h$30$^m$ | 47 » | 64 » |
| Total | 158 » | 232 » |

La différence $(232 - 158) = 74^{cm^3}$ exprime une augmentation du métabolisme égale à

$$1^{cal},72 \times 74 = 127^{cal},30.$$

Or l'asperge apporte 37$^{cal}$ par 100$^g$ [1], soit, pour les 350$^g$ :

$$37^{cal} \times 350/100 = 129^{cal},50.$$

Concordance suffisante qui atteste une diurèse purement métabolique. Le pouvoir connu de l'*asparagine* s'exercerait donc par une excitation thermogénétique.

2° *Action diurétique des cerises.* — Remplaçant les asperges par des cerises fraîches, on a obtenu :

| | | | $^{cm^3}$ |
|---|---|---|---|
| Sans addition de cerises : urines de 13$^h$ à 16$^h$30$^m$ | | | 157 |
| Avec 125$^g$ de cerises : | » | | 202 |
| » 150 » | » | | 215 |
| » 325 » | » | | 275 |

Les différences 45, 58 et 118$^{cm^3}$ dénoncent un surcroît de métabolisme égal à

$$1^{cal},72 \times 45 = 77^{cal},40,$$
$$1^{cal},72 \times 58 = 99^{cal},75,$$
$$1^{cal},72 \times 118 = 203^{cal}.$$

(1) JULES AMAR, *Le moteur humain*, p. 197 (chez Dunod).

Or les cerises consommées fournissent respectivement, à raison de $63^{cal}$ par $100^{g}$ :

$$63 \times 125/100 = 78^{cal},75,$$
$$63 \times 150/100 = 54^{cal},50,$$
$$63 \times 325/100 = 204^{cal},75.$$

L'accord est donc aussi satisfaisant que possible.

3° *Action diurétique des fraises.* — Et voici, enfin, les résultats concernant l'effet des *fraises* :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sans addition de fraises : urines de $13^{h}$ à $16^{h}30^{m}$ | | .......... | $155^{cm^3}$ |
| Avec $160^{g}$ de fraises | » | .......... | 202 |
| » $180^{g}$ » | » | .......... | 209 |

Les différences 47 et $54^{cm^3}$ correspondent à des accroissements métaboliques de

$$1^{cal},72 \times 47 = 80^{cal},85,$$
$$1^{cal},72 \times 54 = 92^{cal},90.$$

L'apport d'énergie de $100^{g}$ de fraises étant de $51^{cal}$ (Amar, *loc. cit.*), on a

$$51 \times 160/100 = 81^{cal},60,$$
$$51 \times 180/100 = 91^{cal},80.$$

L'accord est non moins acceptable que les précédents.

*Conclusions.* — Ayant établi déjà que tout ce qui modifie le métabolisme modifie, *en proportion*, la sécrétion urinaire, nous constatons que les substances diurétiques étudiées jusqu'ici (eau, bière, asperge, cerise, fraise) réalisent une diurèse normale. Elles déterminent, par thermogénèse, une plus grande activité des glomérules rénaux. Ce sont, en un mot, des *diurétiques nutritifs*, agissant sur le métabolisme et non par excitation nerveuse comme on aurait pu le croire.

EMBRYOGÉNIE GÉNÉRALE. — *Les lois de l'épigénèse chez les Amphibiens.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Maurice Caullery.

1. Les enclaves ovulaires (paraplasma) constituent le support matériel des fonctions qui mènent à l'édification de l'embryon. La substance spécifique, représentée par les noyaux et le cytoplasme, n'intervient que pour effectuer leurs transformations et pour assurer, sous la stimulation des produits élaborés, le jeu des mitoses. Formées au cours de l'ovogenèse, les

enclaves sont mises en circulation sur l'œuf indivis par les courants plasmiques de régulation, transportées sur la face dorsale et déposées sur elle plus ou moins haut, dans l'ordre de leur densité et symétriquement de chaque côté du courant le plus fort. La segmentation fixe leur position.

2. La zone dorsale, située près du premier sillon latitudinal, dans le segment le plus élevé des macromères (*Discoglossus*), ou la partie la plus basse des micromères (*Rana*), contient les éléments les plus précocement actifs, indispensables à la mise en marche du développement. Elle est le point de départ des divisions accélérées et ordonnées, *seules capables de construire le germe*. Elle constitue le *centre initiateur*, du fait de son activation propre, initiale, localisée, et le premier *centre ordonnateur*, par l'induction qui en émane.

3. L'embryon est entièrement construit par des processus d'induction. Ils sont les architectes de la forme. Toute l'évolution ontogénétique est soumise à leur loi. Il y a deux sortes d'induction : l'une mitogénétique, l'autre organisatrice. La première précède toujours la seconde; elle est seule en cause sur la blastula. Du centre initiateur activé, l'induction se propage en bas et sur les côtés, stimule les macromères sous-jacents, les rend inducteurs à leur tour et réalise ainsi une lame proliférante, qui, comme un voile gris, souvent confondu avec le croissant gris, descend sur l'hémisphère blanc jusqu'à la lèvre dorsale présumée. On suit aisément, sous une marque colorée, dont la position est stable, le passage et la marche envahissante des divisions. L'induction organisatrice naît dans le premier segment du « champ d'induction mitogénétique blastuléen » enroulé au niveau de la lèvre dorsale et s'acquiert sous l'influence du milieu intérieur de l'œuf. *La plaque préchordale constitue donc le centre d'organisation.* Celui-ci soumet à sa loi toutes les autres parties du « champ », déployé autour du blastopore et invaginé après lui.

4. Le centre d'organisation possède un double pouvoir : un pouvoir mitogénétique, apanage antérieur et persistant de tout le champ blastuléen et un pouvoir de détermination, qu'il transmet aux territoires voisins. La prolifération mitogénétique est la préparation nécessaire à son action; son acquisition préalable est à la fois un gain de temps et le gage assuré d'une organisation complète.

5. Le pouvoir inducteur, en effet, n'a qu'un temps; il s'affaiblit et disparaît avec l'épuisement des matériaux qui le produisent.

6. L'induction ontogénétique a pour caractère de se propager, *en se renouvelant*, de proche en proche, de cellule à cellule, sans discontinuité.

Elle n'agit pas à distance, comme le pensent Spemann (1921) et son école [Holtfreter (1933)].

7. Toute la construction embryonnaire s'édifie à partir d'un *seul centre d'organisation*, céphalique, la plaque préchordale. Le centre troncal ou chordal de Spemann, est un organisateur secondaire.

8. Les phénomènes d'induction ne sont pas spéciaux à l'ontogénèse; ils durent toute la vie, dont ils dominent les manifestations. Mais le mode de leur propagation diffère dans le développement et dans l'organisme édifié; il s'effectue lentement, par diffusion, de blastomère à blastomère, dans le premier cas, et par transport circulatoire rapide, au contact de toutes les cellules, dans le second. Cette différence est capitale.

9. La notion d'induction est inséparable de celle de réceptivité. Les micromères les plus riches en cytoplasme sont rebelles à l'induction du centre initiateur; mais tous les blastomères sont sensibles aux organisateurs, après avoir présenté un stade de prolifération préalable.

10. La prolifération ordonnée est aussi nécessaire à l'ontogénèse que la détermination organisatrice. Car, sans les mouvements cellulaires de grande ampleur que toute induction provoque, le pouvoir organisateur ne peut s'exercer en temps voulu et au lieu normal.

11. Le processus mystérieux, inexplicable encore, de l'évolution ontogénétique, réside dans la propagation hétérogène de l'induction organisatrice.

12. En raison du caractère spécial des mécanismes épigénétiques, la succession des premières formes du développement, presque identique dans tout le règne animal, n'évoque que de loin l'évolution phylogénétique et reconnaît pour cause l'universalité des processus inducteurs d'édification.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le rôle des chlorelles symbiotiques dans la nutrition de* Paramecium bursaria. Note de M^lle **Irène Goldberg** et M. **Jacques Monod**, présentée par M. M. Caullery.

L'existence de nombreuses associations symbiotiques entre des animaux et des algues unicellulaires pose un probleme qui a été envisagé par de nombreux auteurs : dans quelle mesure l'animal peut-il tirer parti du pouvoir de synthèse de l'algue, et vivre aux dépens de celle-ci ?

Une réponse définitive à ce sujet ne pourrait être donnée que si l'on

arrivait à cultiver l'animal avec son symbiote dans un milieu constitué uniquement par des sels minéraux, et rigoureusement stérile. Une telle culture ne semble pas avoir été réalisée jusqu'à présent.

Les données les plus précises que nous possédions à ce sujet sont celles de Pringsheim, qui a étudié des *Paramecium bursaria* en symbiose avec des chlorelles. Il a pu cultiver ces infusoires sur des milieux purement minéraux, mais non rigoureusement stériles. La croissance de ses cultures, d'autre part, était fort lente (une division tous les deux ou trois jours). Il pouvait donc rester des doutes sur la réalité physiologique de la symbiose.

Nous avons cherché à obtenir une poussée plus rapide des symbiotes en milieu minéral, et à montrer que des Paramécies témoins, privées de leurs chlorelles, sont incapables de se développer dans des milieux préparés de façon identique ([1]).

Nous utilisions une souche pédigrée ([2]) de *P. bursaria* symbiotiques, entretenue en tube sur milieu au grain de blé. Dans ce milieu, les cultures vieilles de 6 à 8 mois comprennent fréquemment des individus complètement décolorés. Ces individus, isolés et lavés trente à quarante fois, ont donné naissance à une souche de Paramécies sans chlorelles, qui a été entretenue sur grain de blé. C'est cette souche qui nous a servi de témoin, et qui s'est montrée incapable de se développer dans des milieux où les Paramécies symbiotiques se développaient fort bien.

Nous avons fait des épreuves répétées, dans lesquelles *P. bursaria* symbiotique et les témoins étaient traités de manière identique, ensemencés dans les mêmes milieux, après le même nombre de lavages ([3]).

Le milieu suivant, conseillé par Genevois pour la culture des chlorelles :

| | |
|---|---|
| $NO^3K$ | 0g,10 |
| $(NO^3)^2Ca$ | 0g,08 |
| $SO^4Mg, 7H^2O$ | 0g,12 |
| $PO^4K^3$ | 0g,11 |
| $Fe^2Cl^6$ | 1cm³ sol. 3 ‰ |
| Eau bidistillée | 1000cm³ |

(pH = 7 — 8)

([1]) E. G. Pringsheim, *Arch. f. Protistenkunde*, 64, 1928, p. 291-418.

([2]) C'est-à-dire obtenue à partir d'un seul individu.

([3]) Pringsheim ne semble pas avoir accordé d'importance à de telles vérifications; il dit simplement que les *P. bursaria* sans chlorelles et les *P. caudatum* ne poussent pas dans les milieux utilisés, sans préciser les conditions de l'expérience.

nous a permis d'obtenir des cultures de Paramécies symbiotiques qui poussaient deux ou trois fois plus vite que les cultures de Pringsheim (une division par 24 heures environ).

Les Paramécies sans chlorelles, au contraire, après s'être divisées une ou deux fois, s'immobilisaient et mouraient au bout de six ou huit jours.

La culture de Paramécies symbiotiques, que nous entretenons en milieu minéral depuis six mois paraît au contraire indéfinie.

Ces épreuves montrent donc bien que l'algue peut jouer un rôle effectif dans la nutrition de la Paramécie et que celle-ci peut vivre, en grande partie au moins, aux dépens de son symbiote [1].

Nous disons bien *en partie*, car seule la réalisation d'une culture pure en milieu minéral permettrait d'affirmer que l'algue peut fournir à l'infusoire *tout* ce qui lui est nécessaire. Cette culture, malgré de nombreux essais, n'a pas été réussie jusqu'ici. Doit-on supposer qu'elle est physiologiquement impossible, et que la Paramécie ne saurait se passer complètement d'aliments organiques extérieurs? Il n'est pas possible de répondre à cette question, et des essais de culture pure méritent encore d'être tentés.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Une nouvelle méthode de dosage du glutathion.* Note de MM. **Léon Binet** et **Georges Weller**, présentée par M. Achard.

Les travaux des dernières années ont démontré l'existence, dans les tissus végétaux et animaux, de glutathion, tripeptide constitué d'une molécule de cystéine combinée à l'acide glutamique et au glycocolle. Diverses méthodes ont été préconisées et utilisées pour établir la teneur des divers organes en glutathion sous sa forme réduite. Mais des objections adressées à ces méthodes nous ont conduits à préciser une nouvelle technique de dosage, basée sur l'insolubilité du composé que forme le glutathion avec le cadmium. Nous avons pu obtenir une précipitation quantitative du glutathion, sans oxydation de son groupement sulfhydrile, par le lactate de cadmium pour un pH compris entre 6 et 7.

En pratique, nous nous sommes arrêtés à la technique qui suit.

Immédiatement après la mort de l'animal obtenue par saignée, 1 à $2^g$ du tissu à examiner sont coupés en petits morceaux et mis dans un becher taré contenant $5^{cm^3}$

(1) Le rôle de l'algue est évidemment variable suivant les conditions et perd beaucoup de son importance dans un milieu comportant des matières organiques et des bactéries.

d'acide trichloracétique à 10 pour 100. Après la pesée, le tissu est finement broyé avec du sable et trituré avec les $5^{cm^3}$ d'acide qui ont servi lors du prélèvemedt. On ajoute encore $5^{cm^3}$ d'acide; on laisse de 3 à 5 minutes au repos et l'on filtre au Büchner en transvasant l'extrait dans un tube à centrifuger d'une capacité de $40\text{-}50^{cm^3}$. L'épuisement est répété encore trois fois à l'aide de $5^{cm^3}$ d'acide trichloracétique à 10 pour 100 chaque fois. On ajoute III-IV gouttes d'une solution de bleu de bromothymol et l'on neutralise l'extrait comme suit. On commence la neutralisation avec une solution concentrée de soude caustique (1/2 en volume) en agitant constamment : quand l'acide est presque neutralisé, on continue en versant goutte par goutte une solution de soude à 2 pour 100 (en volume) jusqu'au *premier* virage au bleu. Ce virage doit être réalisé avec une seule goutte de soude à 2 pour 100 et doit être stable 2 minutes environ. A l'extrait ainsi neutralisé, on ajoute $2^{cm^3}$ d'une solution de lactate de cadmium à 1 pour 100. L'extrait vire au jaune ou au vert et l'on ajoute alors I-II gouttes de la solution de soude à 2 pour 100 jusqu'au nouveau virage au bleu. Un louche très fin apparaît immédiatement et au bout de 1 ou 2 heures il se forme un précipité floconneux qui se dépose. Toutes ces manipulations doivent être achevées une heure au plus tard après le prélèvement des tissus. Alors on centrifuge la solution à grande vitesse. On décante le liqnide surnageant, on dissout le précipité dans $10^{cm^3}$ d'acide trichloracétique à 10 pour 100 et l'on titre par une solution d'iode N/250 en présence d'empois d'amidon. On sait que le dosage à l'iode en présence d'acide trichloracétique exige une correction que l'on trouve en déterminant le volume de la solution d'iode N/250 nécessaire pour apprécier la première coloration à l'amidon dans $10^{cm^3}$ d'acide trichloracétique.

Une telle méthode nous semble devoir être retenue :

1° à cause de la précision des chiffres obtenus; 2° parce qu'elle semble ne doser que le glutathion (ce qui n'est pas le cas des autres méthodes préconisées).

1. *Elle est sensible.* — Des dosages de glutathion pur, dissous dans l'acide trichloracétique, ont donné comme moyenne de 32 essais, 101,15 pour 100 de la quantité mise en solution, avec les chiffres extrêmes variant de 98 à 104 pour 100. D'autre part, en ajoutant plusieurs fois du glutathion pur aux extraits de différents tissus, on a retrouvé : 99,31 pour 100 dans les extraits du foie, 98,48 pour 100 dans les extraits de glande surrénale, 100,60 pour 100 dans les extraits de la rate et 98,50 pour 100 dans les extraits du pancréas.

2. *Elle nous a semblé spécifique du glutathion réduit.* — Le glutathion oxydé n'est pas précipité dans les conditions indiquées; la cystéine est précipitée déjà au pH 3,0-4,6 (zone de virage du bleu de bromophénol), ce qui permet une séparation de la cystéine et du glutathion. L'acide ascorbique n'est pas précipité et ne gêne pas le dosage de glutathion, point capital pour l'étude du tissu surrénal dont la teneur en glutathion réduit a été étudiée par l'un de nous en collaboration avec A. Blanchetière.

Appliquée aux organes du chien, cette méthode donne des chiffres inférieurs à ceux obtenus avec les méthodes usuelles (Tunnicliffe, Kühnau, Mason). Nous avons trouvé, pour 100$^{g}$ de tissu frais, un chiffre de glutathion, exprimé en milligrammes, qui est en moyenne de : 130$^{mg}$ pour le foie, 114 pour la surrénale, 102 pour la rate, 97 pour le pancréas, 62 pour le muscle cardiaque et 27 pour le muscle squelettique.

PROTISTOLOGIE. — *Sur la structure et le processus de sporulation de* l'Oscillospira Guilliermondi. Note de M$^{lle}$ **Berthe Delaporte**, présentée par M. F. Mesnil.

L'*Oscillospira Guilliermondi*, découvert par Chatton et Pérard dans le cæcum du cobaye, puis retrouvé par Simons, Langeron, Grassé etc., présente l'aspect d'une Oscillaire, mais donne des spores internes analogues à celles des bacilles endosporés : il offre donc un très grand intérêt parce que l'on pourrait voir en lui un intermédiaire entre les Cyanophycées et les Bactéries. Toutefois sa cytologie reste encore très peu connue. Chatton et Pérard, puis Grassé, ont décrit dans les cellules de cet organisme un protoplasme homogène. Albert Petit, au contraire, a constaté la présence d'un corps central semblable à celui des Cyanophycées. Ce corps central a été récemment revu par Ch. Hollande qui, contrairement à Petit, ne le considère pas comme l'équivalent d'un noyau, mais comme résultant d'une accumulation de produits de sécrétion, et décrit dans son intérieur de nombreux et minuscules noyaux. Mais personne jusqu'ici n'a étudié les processus cytologiques de la sporulation. L'étude cytologique de l'*Oscillospira* méritait donc d'être reprise.

A l'état frais, les trichomes d'*Oscillospira* montrent en général des cellules à contenu homogène. Cependant, on y peut distinguer, dans certains cas favorables, une région centrale ressemblant à un corps central de Cyanophycée, d'une réfringence légèrement différente de celle de la couche corticale. A l'ultramicroscope cette région centrale se distingue parfois par son opalescence de la courbe corticale optiquement vide. Cette structure devient très nette en présence du réactif iodo-ioduré : certaines cellules dépourvues de glycogène montrent un corps central de structure hétérogène et d'une couleur jaune plus accentuée que la couche corticale. Lorsque les cellules renferment du glycogène, celui-ci est répandu dans toute la cellule ou localisé plus particulièrement dans le corps central qui devient alors très

apparent. Les colorants vitaux mettent parfois en évidence, dans la couche corticale, de petits grains qui prennent une teinte bleue par le bleu de crésyl et rouge par le rouge neutre. Ces grains ne se retrouvent plus dans les préparations fixées et ne présentent pas les caractères des corpuscules métachromatiques : ils semblent correspondre à de petites vacuoles. Lorsque les cellules meurent, le colorant teint la cellule entière, laissant parfois distinguer le corps central par une couleur plus accentuée.

Nous avons réalisé des colorations après fixation par les mélanges de Lenhossèk, Bouin, Perenyi, le formol, l'alcool, soit sur coupes à la paraffine, soit sur frottis. Les cellules ainsi fixées (surtout par le Lenhossèk et le formol), puis colorées par l'hématoxyline ferrique, montrent de belles images du corps central qui apparaît sous forme d'un réseau de filaments très serrés et fortement colorés en noir : la couche corticale à peine teinte peut être ensuite colorée par l'érythrosine. Le bleu de crésyl donne des figures superposables. Quant à la méthode de Hollande (éosinates de bleu de méthylène), elle donne des résultats irréguliers : tantôt le corps central apparaît en rouge et la couche corticale en bleu, tantôt c'est l'inverse. Il est facile d'observer dans les cellules en voie de partage des stades de division du corps central semblables à ceux que l'on constate dans les Cyanophycées. Enfin, fait important, le corps central présente avec la plus grande netteté la réaction nucléale de Feulgen, ce qui nous amène à l'assimiler à un noyau d'organisation primitive, selon la conception formulée par Guilliermond pour les Cyanophycées. Jamais d'ailleurs nous n'avons trouvé un fait susceptible de confirmer l'interprétation de Hollande.

L'étude cytologique de la sporulation qui n'avait pas été faite jusqu'ici a retenu particulièrement notre attention. La spore jeune étant plus longue que les cellules du trichome, Langeron, puis Grassé, ont émis l'opinion qu'elle se formerait aux dépens de plusieurs cellules qui résorberaient leurs cloisons. Nos observations ne nous permettent pas de nous rallier à cette opinion, mais paraissent indiquer que la spore prend naissance aux dépens d'une cellule qui s'allonge avant la formation de la spore et continue son allongement pendant la croissance de celle-ci. Il paraît s'effectuer un phénomène semblable à celui que l'on observe chez certaines Nostocacées où l'arthrospore résulte de l'allongement d'une cellule. Dans certains trichomes, en effet, une ou deux cellules subissent un allongement notable accompagné d'une augmentation de volume et d'un changement d'aspect du corps central; les spores paraissent se former dans ces cellules et aux dépens du corps central. La jeune spore, occupant l'emplacement du corps central,

se colore d'une manière intense par le réactif iodo-ioduré et reste quelque temps entourée d'une mince couche de glycogène qui disparaît par la suite; elle se colore fortement par l'hématoxyline ferrique, le bleu de méthylène, la safranine, et laisse distinguer autour d'elle une mince zone incolore, elle-même entourée d'une pellicule irrégulière et très chromatique, résidu du corps central, qui ne tarde pas à être absorbée par la spore. A mesure qu'elle s'allonge, la spore perd sa chromaticité. Avant sa maturité complète, elle montre souvent à son intérieur de petits grains sidérophiles plus ou moins disposés en chapelet et qui présentent la réaction de Feulgen. La spore mûre cesse de se colorer, mais donne encore cette réaction de Feulgen. La spore se forme donc comme celle d'un Bacille endosporé; elle présente d'ailleurs, une fois mûre, le même comportement que les spores des Bactéries.

Nos recherches établissent donc que l'*Oscillospira Guilliermondi* présente une structure qui ne diffère pas de celle des Cyanophycées, avec un corps central bien caractérisé, offrant une réaction nucléale de Feulgen positive et qui paraît correspondre à un noyau primitif. Elles montrent, en outre, que les spores de cet organisme se forment par un processus analogue à celles des Bactéries et présentent les mêmes caractères de coloration que celles-ci. Ceci nous autorise donc à considérer l'*Oscillospira* comme une forme intermédiaire entre les Cyanophycées et les Bacilles endosporés et à confirmer les affinités admises par certains auteurs entre ces deux groupes de végétaux.

IMMUNOLOGIE. — *Sur quelques propriétés physiques du sérum sanguin.* Note de M. **Maurice Doladilhe**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait que la dispersion granulaire de certains hydrosols colloïdaux (en particulier ceux obtenus à partir de solutions alcooliques : gommes, résines, extraits d'organes, etc.) est d'autant plus prononcée qu'est plus élevé le pH de l'eau de suspension. A égalité de concentration du colloïde, cette influence des ions hydrogène se traduit, en particulier, par une diminution de l'opacité de l'hydrosol, de la lumière qu'il diffuse (à 90° par exemple) et par une augmentation de la polarisation de cette dernière.

On sait aussi que l'addition d'un sérum sanguin à un hydrosol colloïdal exerce sur ses granules une influence dont la nature dépend, toutes autres

choses égales, de la concentration sous laquelle le sérum se trouve dans le mélange. A mesure que croît cette dernière, l'action exercée, d'abord sensibilisante, puis floculante, devient protectrice pour des concentrations suffisantes de sérum.

C'est dans cette zone de protection que nous avons été amené à remarquer et à étudier un phénomène particulièrement intéressant, commun à tous les sérums et qui ne se produit qu'avec les hydrosols colloïdaux mentionnés ci-dessus.

Nous nous bornerons ici à un bref résumé des résultats obtenus que nous publierons en détail ultérieurement.

Dans la zone de protection, l'opacité du mélange sérum-colloïde diminue peu à peu en même temps que la lumière qu'il diffuse et le taux de polarisation de cette dernière augmente. Tout se passe comme si les granules du colloïde se dispersaient au sein du sérum, bien que le pH du mélange soit très inférieur à celui à partir duquel les mêmes phénomènes peuvent être observés sur l'hydrosol seul. Il semble que le sérum exerce vis-à-vis de ces granules un pouvoir de dispersion analogue à celui qu'il manifeste vis-à-vis des floculats en évolution et qu'ont déjà signalé Dujarric de la Rivière (1), Vernes et leurs collaborateurs.

Ce pouvoir de dispersion (qu'on peut évaluer, toutes autres choses égales, par la diminution relative d'opacité du mélange en un temps donné, ou mieux par la plus petite quantité de sérum à partir de laquelle se produit ce phénomène) est conditionné par divers facteurs.

Le chauffage du mélange sérum-colloïde l'augmente de même que le chauffage préalable du sérum ou son vieillissement; il dépend du pH du mélange sérum-colloïde et augmente à mesure que croît ce dernier.

Chacune des protéines sériques exerce vis-à-vis des hydrosols colloïdaux les influences sensibilisantes, floculantes, protectrices et dispersantes signalées ci-dessus. Toutefois, la zone floculante de l'euglobuline est beaucoup plus étendue que celle des autres protéines; en sorte que, aux concentrations sous lesquelles le sérum total exerce, par exemple, son action protectrice, son pouvoir de dispersion est le résultat des actions dispersantes du groupe des albumines, contre-balancées par l'influence floculante des euglobulines. On retrouve ainsi cet antagonisme des globu-

---

(1) Dujarric de la Rivière, Étienne Roux et Étrillard, *Annales de l'Inst. Pasteur*, 43, 1929, p. 1282.

lines et des albumines, antagonisme signalé, à d'autres sujets, par divers auteurs (¹).

D'autre part il résulte de nombreuses expériences effectuées, en grande partie sur des sérums et des globules rouges humains sensibilisés par du sérum antihumain, que le pouvoir alexique est étroitement lié au pouvoir de dispersion. Dans tous les cas, nous avons observé que, pour un pouvoir disperseur trop faible ou trop élevé, le pouvoir alexique est faible ou même nul, et ne présente une valeur notable qu'entre certaines limites du pouvoir de dispersion qu'il est facile d'évaluer pour chaque colloïde.

Les facteurs qui modifient le pouvoir de dispersion d'un sérum (chaleur, ions H, vieillissement...) modifient, dans le sens précité, son pouvoir alexique.

Enfin nos expériences nous ont permis d'établir que l'influence sensibilisante, floculante, ou protectrice, exercée par un sérum sur un colloïde déterminé, est dans chaque cas le résultat de l'action combinée de chacun des constituants protéiques. Il est possible pour chaque sérum de tracer, pour un colloïde de la catégorie citée au début de cette Note, un graphique qui montre, nettement, un décalage dans la zone de protection entre les sérums normaux et les sérums syphilitiques et qui apporte une contribution à la connaissance du mécanisme des séro-réactions par floculation.

La séance est levée à 13h55m.

A. Lx.

---

(¹) L. Bory, *C. R. Société de Biologie*, **81**, 1918, p. 128, 247.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1934.

*Introduction à la théorie des groupes et à ses applications à la physique quantique,* par Edmond Bauer. Extrait des *Annales de l'Institut Henri Poincaré.* Paris, les Presses universitaires de France, 1933; 1 vol. 28cm.

*L'Androy (Extrême Sud de Madagascar). Essai de monographie régionale.* II. *Histoire, Civilisation, Colonisation,* par R. Decary. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1933; 1 vol. 25cm,5.

*Quel Brano dell' Astronomia che più da Vicino Riguarda il Nostro pianeta,* par Geom. G. B. Araldo. La Spezia, Tipografia Moderna, 1933; 1 fasc. 26cm,5.

*Les Mélastomacées de Madagascar,* par H. Perrier de la Bâthie. In *Mémoires de l'Académie malgache,* fasc. XII. Toulouse, Henri Basuyau et Cie, 1932; 1 vol. 28cm.

*Grilles pour la sélection et l'orientation professionnelles (Aptitudes physiques),* par R. Bonnardel et H. Laugier. Paris, *Publication du travail humain,* Conservatoire national des Arts et Métiers, 1933; 1 vol. de 32 grilles en celluloïd, 25cm,5×32cm,5. (Présenté par M. L. Lapicque.)

*L'exploration fonctionnelle de la rate. Diagnostic et traitement des syndromes spléniques,* par Ed. Benhamou. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. F. Mesnil.)

*Les Sciences mathématiques,* par Pierre Sergescu. Extrait du *Tableau du* XXe *siècle.* Paris, les éditions Denoël et Steele, 1933; 1 vol. 21cm,5. (Présenté par M. E. Borel.)

*Palmæ,* par H. Jumelle. In *Catalogue des plantes de Madagascar.* Tananarive, G. Pitot et Cie, et Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1934; 1 fasc. 25cm,5.

*D'un pôle à l'autre et d'aberration en aberration,* par Luc. Ghislain Servais. Anvers, Delplace, Koch et Cie, 1933; 1 fasc. 24cm.

*La construction navale en France,* par Emmanuel Vergé. Mesnil-sur-l'Estrée, Imprimerie Firmin-Didot et Cie, 1933; 1 vol. 26cm.

(*A suivre.*)

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 26 MARS 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 4 avril au lieu du lundi 2.

M. **Émile Picard** dépose sur le Bureau deux brochures qu'il vient de publier, intitulées, l'une : *Une édition nouvelle du Discours de la méthode de Descartes*, l'autre : *La vie et l'œuvre de Joseph Boussinesq*.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur M.* Dukinfield Henry Scott, *Correspondant pour la Section de Botanique*, par (¹) M. **H. Lecomte**.

Nous apprenons le décès (29 janvier 1934) de M. Dukinfield Henry Scott, l'un des plus célèbres paléobotanistes anglais, Correspondant de l'Académie depuis 1925.

D'abord presque limitée au domaine des empreintes végétales, la paléobotanique, dans la dernière partie du siècle dernier, s'orientait vers l'étude de la structure intime des organes conservés par la fossilisation, et cette étude, dans laquelle la science française a tenu une place brillante par les travaux d'Ad. Brongniart, de B. Renault, de Zeiller, de Grand'Eury, de O. Bertrand, et de Lignier ne tardait pas à donner des résultats remarquables.

---

(¹) Séance du 19 mars 1934.

Si le D[r] D. H. Scott ne fut pas l'un des premiers adeptes de cette science nouvelle, il fut du moins l'un des plus avertis, car ses travaux antérieurs l'avaient préparé de longue date à l'examen des problèmes qui se présentent au paléobotaniste. Quand il aborda l'étude de la structure des plantes fossiles, D. H. Scott avait acquis, une connaissance approfondie de la structure des plantes vivantes. Possesseur d'une belle fortune, il avait consacré tout son temps et toute son activité à l'étude de ces dernières et sa situation de Directeur du laboratoire Jodrell, au Jardin Royal de Kew, lui avait permis de porter ses investigations sur l'ensemble du monde végétal. Les résultats de ses recherches sont rassemblés dans son *Introduction to Structural Botany*, qui atteignait récemment sa neuvième édition.

Vers 1895 il entreprit l'étude des plantes fossiles, en collaboration avec Williamson. Leurs premiers travaux eurent pour objet la structure des tiges de *Lyginopteris*, en particulier *L. Oldhamia* où ils signalèrent un bois secondaire analogue à celui des pétioles de diverses Cycadées; on rencontrait peu après des pinnules de *Sphenopteris*, en continuité avec des tiges de *Lyginopteris*, ce qui permettait de conclure que certaines plantes fossiles, considérées comme de véritables Fougères, d'après la forme de leurs pinnules, avaient des affinités de structure avec les Cycadées. Peu après, en 1899, l'étude du fossile *Medulosa anglica* permettait à Scott de conclure que ces tiges, à structure de Cycadées, portaient des pétioles dont la structure était celle d'un pétiole de *Lyginopteris*, en continuité, dans certains gisements, avec des frondes analogues à celles des Fougères du genre *Alethopteris*. Les choses en étaient là, quand, en 1903, Olivier et Scott annonçaient que les graines connues sous le nom de *Lagenostoma* appartenaient au *Lyginopteris;* ces graines se rapprochent de celles des Cycadées; comme ces dernières, elles sont pourvues d'une chambre pollinique circulaire, où l'on a parfois retrouvé des grains de pollen. La question était tranchée. Il existe dans le Dévonien et le Carbonifère des restes qui, avec un port et un feuillage de Fougère, ont une structure et portent des graines rappelant les Cycadées. Olivier et Scott proposèrent le nom de *Ptéridospermées* pour ces fossiles de végétaux qui furent probablement les premières plantes à graines.

En 1904, Grand'Eury annonçait qu'il existait dans le Houiller supérieur de Saint-Étienne des frondes de *Pecopteris Pluckeneti*, avec des graines encore fixées sur les pinnules et ce fait venait confirmer les vues d'Olivier et Scott.

Parmi les ouvrages consacrés par Scott à la paléobotanique nous

citerons : *Studies in Fossil Botany*, 1900; *the Present Position of Paleobotany*, 1906; *Extincts Plants and Problems of Evolution*, 1924.

Par la belle ordonnance de ses travaux et l'ensemble des considérations qu'il en a dégagé avec une perspicacité peu commune, Scott, apparaît comme le plus autorisé des paléobotanistes actuels et comme le plus heureux continuateur de la lignée de ceux qui firent l'honneur de la science française, et dont il n'existe plus malheureusement que de rares représentants chez nous.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Production expérimentale de mycorhizes chez la Pomme de terre.* Note de MM. **J. Costantin**, **Magrou**, **Bouget** et Mlle **V. Jaudel**.

Il résulte des constatations de Noël Bernard que *les mycorhizes font généralement défaut* chez le *Solanum tuberosum* cultivé (1). Elles existent par contre chez les Pommes de terre sauvages (*Solanum Maglia*) prélevées dans leurs stations naturelles de la Cordillère des Andes (2), et aussi chez d'autres espèces vivaces du genre *Solanum*, telles que le *Solanum verbascifolium* (3) ou le *Solanum Dulcamara* (4), qui n'ont pas été soumises à la culture.

L'un de nous a réussi à provoquer la formation de mycorhizes chez le *Solanum tuberosum* en semant des graines de cette espèce dans un sol pauvre, non fumé, prélevé au pied de *Solanum Dulcamara* où la présence de l'endophyte avait été constatée (5). Nous avons récemment obtenu, par un procédé différent, un résultat analogue.

Des graines de *S. tuberosum* (variété *Maréchal Franchet d'Esperey*), que nous devons à M. Louis de Vilmorin, ont été semées le 14 mai 1933, à 1400m d'altitude, au Peyras, près de Bagnères-de-Bigorre, dans un sol venant des pâturages alpestres, non fumé, composé en parties égales d'humus, de silice et d'argilo-calcaire magnésien. Les éléments de cette terre « franche » avaient été prélevés entre 1800 et 2000m, dans des *stations vierges de toute culture*. Les graines ont germé et le plant n'a pas été repiqué, mais seulement éclairci, et il est resté en place dans la même terre; les tiges

(1) Noël Bernard, *Ann. Sc. Bot.*, 9e série, 14, 1911, p. 235.

(2) Mme Noël Bernard et J. Magrou, *ibid.*, p. 252.

(3) Janse, *Ann. Jard. Bot. de Buitenzorg*, 14, 1896, p. 53.

(4) Noël Bernard, *loc. cit.*

(5) J. Magrou, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 50, et *Ann. Sc. nat. Bot.*, 10e série, 3, 1921, p. 181.

ont atteint 25 à $30^{cm}$. Le 21 août, les racines de plusieurs des plantes ont été prélevées et fixées dans le réactif de Duboscq-Brazil. Chez deux d'entre elles, l'examen des coupes pratiquées dans la totalité du chevelu des racines a montré l'invasion extraordinairement abondante de la plupart des radicelles par un endophyte présentant tous les organes caractéristiques des champignons de mycorhizes : troncs mycéliens non cloisonnés, renfermant un protoplasma réticulé et des noyaux; arbuscules, sporangioles, vésicules. Chez deux autres plantes, à côté de plages infestées offrant les mêmes caractères, on en observait d'autres où le champignon avait subi la digestion intracellulaire et ne subsistait plus qu'à l'état de corps de dégénérescence. Deux plantes enfin, sur les six qui ont été examinées, ne présentaient que des plages infestées rares et restreintes, presque toujours formées de champignons totalement dégénérés.

La résistance du *Solanum tuberosum* à l'infestation s'est donc montrée sujette à des variations individuelles notables, fait qui avait été déjà constaté (1) : certaines plantes s'affranchissent du champignon en le détruisant d'emblée par une phagocytose énergique; d'autres sont plus tolérantes et s'adaptent de façon plus ou moins parfaite à la symbiose. Le mode de végétation de chaque individu n'ayant pas été noté lors du prélèvement des radicelles, on ne saurait dire si la corrélation antérieurement observée par l'un de nous entre l'adaptation à la symbiose et la tubérisation se retrouvait dans les conditions de cette expérience. Six plantes de ce lot, laissées en place, ont été arrachées le 29 novembre 1933; elles ont fourni une récolte totale de 17 tubercules de petite taille.

D'autre part, des plantules de Pomme de terre provenant de graines qui avaient germé à Verrières-le-Buisson (le 28 février 1933), chez M. de Vilmorin, ont été transportées dans les Pyrénées et plantées le 12 mai 1933 dans le champ d'expériences du Peyras, en terre « ordinaire » abondamment fumée. L'examen histologique des radicelles prélevées et fixées le 21 août a montré une infestation très discrète par un champignon de mycorhizes bien caractérisé, avec pelotons mycéliens, arbuscules et sporangioles. Dans ce sol richement fumé, la végétation a été vraiment vigoureuse, la tubérisation a été abondante; l'arrachage des six plantes laissées en place a donné, le 29 novembre, 74 tubercules d'un poids total de $2^{kg}$,200.

Enfin des graines de la même variété, semées le 12 mai à Bagnères-de-Bigorre, à $550^{m}$ d'altitude, en terre ordinaire, ont bien levé, mais *toutes les plantes* qui en sont issues ont rapidement périclité et *sont mortes sans avoir produit aucun tubercule*. Il en a été *de même des plants germés* à Verrières-le-Buisson et transplantés en mai à Bagnères-de-Bigorre; trois pieds ont

(1) J. Magrou, *loc. cit.*

résisté assez longtemps, mais sans tubériser. Il n'a pas été fait d'exámen histologique de ces plantes de semis, mais les racines d'un plant de la variété *Bintje*, provenant d'un tubercule planté le 15 mai dans la même station, se sont montrées *complètement indemnes d'infestations*.

*D'où proviennent les champignons* qui ont si abondamment envahi les plantes élevées en terre franche? L'humus et la silice qui entraient dans la composition de ce sol renfermaient une flore variée ([1]), comprenant des plantes à mycorhizes telles que l'*Orobus tuberosus* = *Lathyrus macrorhizus*, mais *il ne s'y trouvait point de Solanées*. Ce fait tendrait à indiquer *qu'un même champignon est capable de contracter la symbiose avec des espèces appartenant à des familles très éloignées* les unes des autres. Dans certaines des plages infectées de nos Pommes de terre, l'endophyte, au lieu de végéter *uniquement à l'intérieur des cellules*, comme c'est habituellement le cas dans les mycorhizes des *Solanum*, se présente sous forme de longs filaments mycéliens *intercellulaires*, donnant des ramifications latérales qui pénètrent dans les cellules et s'y résolvent en arbuscules. Ce type de végétation est précisément celui de l'endophyte de l'*Orobus tuberosus*.

En somme tous ces résultats nouveaux et intéressants auront vraisemblablement des conséquences d'une certaine portée dans un avenir prochain. On ignorait jusqu'ici comment on peut inoculer *pratiquement* et *simplement* les champignons symbiotiques à une Pomme de terre; on le sait maintenant et l'on pourra se passer non seulement de la Pomme de terre sauvage des Andes, qu'on ne peut avoir que difficilement, même aussi de la Douce amère. Un *Orobus tuberosus* ou mieux simplement la terre des pâturages permettra d'atteindre le but.

---

([1]) Voici les plantes caractéristiques de ces pâturages alpestres : *Calluna* est la végétation dominante, ensuite *Rhododendron*, *Juniperus nana*; Graminés diverses. Çà et là : *Daphne laureola*, *Vaccinium Myrtillus*, *Ribes petræum et alpinum*, *Lotus corniculatus*, *Orobus tuberosus* (synonyme *Lathyrus macrorhizus*), *Trifolium repens* et *cæspitosum*, *Achillea Millefollium*, *Galium verum*, *Ajuga reptans*, *Brunella grandiflora*, *Plantago lanceolata*, *Jasione montana*, *Braya pinnatifida*, *Alchemilla vulgaris*, *Veronica serpyllifolia*, *Potentilla verna*.

On sait que presque toutes ces plantes alpestres (quelques-unes essentiellement alpines) renferment des mycorhizes (COSTANTIN et MAGROU, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 26). Les mycorhizes de l'*Orobus* ont été également étudiées avec soin antérieurement (Magrou, 1921).

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Quelques remarques sur l'emploi de projecteurs d'automobiles à rayons jaunes.* Note de M. **André Blondel**.

Les progrès réalisés depuis dix ans dans la fabrication des verres jaunes à grande sélectivité (au sulfure de cadmium ou de cadmium-sélénium) ont amené des constructeurs à préconiser l'emploi de la lumière jaune pour l'éclairage des projecteurs (dits phares) d'automobiles.

La coloration des faisceaux peut être produite au moyen soit de glaces teintées en jaune; soit de lampes à incandescence à ampoule jaune, pour des raisons économiques administratives.

Les observations faites par les usagers, et particulièrement par ceux qui ont une éducation scientifique [1] montrent que le projecteur éclairé en lumière jaune éblouit moins qu'en lumière blanche et que lors de la rencontre de deux automobiles, la durée de la période de réadaptation de l'œil après éblouissement est notablement diminuée. La lumière jaune donne lieu à une moindre quantité de lumière réfléchie sur le brouillard en temps de brume ou sur les gouttelettes liquides en temps de pluie, et elle paraît augmenter la valeur des contrastes et réduire ainsi la fatigue oculaire. Je me propose ici de préciser quelles sont les causes de cette amélioration.

J'en ai déjà signalé quelques-unes avant la guerre (dans la Revue *Le Brésil*) à propos des projecteurs à miroir métallique doré imaginés par M. Jean Rey [2] utilisés alors dans la Marine et dans quelques phares (notamment le phare de la Galite). Le miroir doré a une courbe de pouvoir réflecteur fortement sélective et élimine en grande partie les rayons verts, bleus, violets. Or, ce sont ces derniers qui sont particulièrement réfléchis par les gouttes d'eau et par les vésicules du brouillard, suivant la théorie bien connue de lord Rayleigh, et qui produisent un « halo » gênant.

Quand on remplaçait le miroir doré par un miroir argenté, muni d'une glace transparente jaune, les résultats étaient beaucoup moins bons parce que les verres jaunes au soufre connus à cette époque avaient une courbe d'absorption bien moins sélective. La création des verres jaunes au sulfure de cadmium (ou de cadmium et sélénium) a renversé cette situation; et l'on

---

(1) Voir par exemple le résultat d'une enquête faite auprès de nombreux médecins par *La quinzaine médicale*, 55, février 1934, p. 31.

(2) G. Jean Rey, *Notice sur un nouveau système de phares à réflecteurs métalliques*, Paris 1913.

peut maintenant, avec des épaisseurs de verres assez faibles (3 à 5 dixièmes de millimètre pour les ampoules jaunes des lampes à incandescence spéciales) obtenir une élimination presque absolue de toute la partie du spectre de longueur d'onde inférieure à $0^{\mu},520$, comme par le miroir doré.

Si l'éblouissement d'un projecteur d'automobile à lumière jaune est moindre, à égale brillance, cela provient non seulement de l'affaiblissement dû à l'absorption, qui peut être réduit à 0,80, mais encore et surtout de ce que la partie périphérique de la rétine du condensateur, sur laquelle se forme l'image du projecteur éblouissant, est sensible à la partie la plus réfrangible du spectre et très riche en bâtonnets entourés de pourpre rétinien.

Toute image trop brillante projetée sur la rétine détruit rapidement cette substance; et c'est le temps de la reconstitution de celle-ci qui constitue la période de réadaptation. Si l'image brillante est jaune, la fatigue de la rétine est moindre, à brillance égale ([1]); la destruction du pourpre rétinien est moins complète et par conséquent la réadaptation de la rétine est plus rapide ([2]).

Un autre effet favorable de la lumière jaune très sélective est l'augmentation notable de l'acuité visuelle. Bien que le verre au cadmium laisse passer les rayons rouges, ces derniers qui forment une image non accomodée par l'œil ne jouent qu'un faible rôle dans la vision et surtout dans la perception des formes ([3]); la lumière transmise à travers le verre au cadmium se comporte en fait comme une lumière monochromatique de $\lambda = 0,600$ environ ([4]); elle donne sur la rétine une image nette, contrairement à ce qui a lieu pour la lumière blanche ([5]).

---

([1]) Par exemple A. Broca et F. Laporte (*Bull. Soc. franç. des Électriciens*, 2e série, 8, 1908, p. 302) ont trouvé qu'un arc au mercure, de brillance 1, 3 $b$ : $cm^2$ est aussi éblouissant qu'une lampe au tantale de brillance 2, de $b$ : $cm^2$.

([2]) Le Dr Eldridge Green a montré, il y quelques années, qu'en observant un signal lumineux blanc brillant, on le voit d'abord disparaître; il réapparaît quand le processus de reconstitution du pourpre rétinien s'est amorcé suffisamment.

([3]) D'ailleurs Macé de Lépinay et Nicati, dans des travaux classiques, ont montré que la partie du spectre plus réfrangible que $\lambda = 0,500$ ne donne qu'une faible activité visuelle par rapport à la partie moins réfrangible du spectre.

([4]) Cf. J. Guild, *Int. Congr. for Illumination*, Session de 1928, p. 762.

([5]) Cet avantage de la lumière monochromatique est connu depuis longtemps et utilisé en particulier par les lampes au stroboneon à lumière rougeâtre; mais un verre rouge absorberait beaucoup trop de lumière ne conviendrait pas pour l'éclairage de la route.

C'est à tort que l'on voudrait comparer à l'effet d'éblouissement produit par un projecteur à lumière jaune celui d'un projecteur à lumière blanche observé à travers des lunettes jaunes, car on modifierait ainsi complètement les conditions du problème : un observateur muni de lunettes jaunes sélectives, qui coupent toutes les parties du spectre plus réfrangibles que $\lambda = 500$, voit par conséquent la route avec une brillance réduite. Les lunettes laissent passer au contraire presque sans réduction nouvelle le faisceau éblouissant déjà débarrassé de sa partie la plus réfrangible.

Les conditions de la comparaison sont donc faussées. D'ailleurs dans la réalité, le conducteur de l'automobile n'est pas muni de lunettes jaunes.

A ce propos, on peut se demander si des lunettes jaunes au cadmium ne donneraient pas les mêmes résultats pour la conduite des automobiles munis de projecteurs à lumière blanche que la vision directe (sans lunettes) des projecteurs colorés. Mais, d'une part, ce procédé est beaucoup plus incommode, et, d'autre part, les lunettes ordinaires ne protègent pas l'œil contre les rayons latéraux diffusés par les objets voisins, et cet éclairage latéral est gênant à cause de la sensibilité plus grande de la partie périphérique de régime pour les lumières blanche ou riche en rayons bleus et verts.

En résumé, les motifs invoqués en faveur de l'éclairage des projecteurs d'automobile au moyen de verres jaunes ou de lampes jaunes, en verres très sélectifs, paraissent reposer sur des fondements physiologiques sérieux. Les résultats obtenus confirment ceux qu'on a observés autrefois sur les faisceaux des miroirs dorés.

M. G. **Perrier** fait hommage à l'Académie du Tome 11 des *Travaux de l'Association internationale de Géodésie : Rapports nationaux sur les travaux exécutés dans les différents pays*, établis à l'occasion de la *Cinquième Assemblée générale*. Lisbonne, 14-25 septembre 1933. Fascicule 1.

M. J. **Costantin** fait hommage à l'Académie d'un article qu'il vient de publier, intitulé : *Mystères agricoles des Andes* (*La Nature*, n° 2924, 1er mars 1934, p. 193).

Il a cherché à expliquer la taille élevée anormale des Céréales (Blé, Orge, Avoine) des Andes, poussant à 3500-3800m d'altitude, ainsi que celle du Maïs de Jala (Mexique) atteignant 6m de haut. Fait étrange, ces Céréales sont cultivées *depuis plus de cinquante ans* à la même place et tous les ans, *sans rotation*, *sans engrais*, même *sans labourage* (car on n'emploie que le

pieu des Incas). Selon lui, c'est au sol volcanique et aussi les phénomènes électriques extraordinaires dans ces régions qu'il faut attribuer le gigantisme, car ils fournissent un excès d'aliment aux plantes.

On trouvera également dans ce travail une théorie faisant comprendre pourquoi le Maïs quarantin (Forty days Corn) a une durée de végétation si courte. Signalée déjà par Christophe Colomb, cette variété n'est nullement de l'Amérique du Nord, puisque l'illustre Génois n'a découvert et exploré que des terres américaines tropicales. Personne, depuis quatre siècles, n'avait aperçu qu'il y avait là une énigme à éclaircir.

En faisant hommage à l'Académie d'un exemplaire du onzième élément qui vient de paraître (Annexe du Tome dixième) de sa *Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, M. **Paul Helbronner** s'exprime en ces termes :

Cette Annexe contient la reproduction en couleurs sur $6^m$ de développement — analogue de présentation à celle du sommet du Mont Blanc, parue il y a une douzaine d'années — du tour d'horizon du Pelvoux (Pointe Durand, $3930^m,7$ Hr) que j'ai dessiné et peint en 1902, d'après les documents que j'avais rapportés du premier des quatre séjours que j'ai effectués sur ce sommet. Si j'ai tardé jusqu'ici à faire cette publication, c'est que je voulais l'intégrer rationnellement dans l'ensemble des éléments de ma *Description géométrique des Alpes françaises*, dont trois éléments sont encore d'ailleurs à paraître, sur lesquels j'espère pouvoir donner le plus important avant la fin de la présente année.

M. **Lucien Daniel** fait hommage à l'Académie du Tome quatrième (supplément) de ses *Études sur la greffe. Le Topinambour, Son amélioration systématique par le « Greffage créateur »*.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La Connaissance* (*Mathématique, technique, humanisme, métaphysique*), par Julien Pacotte. (Présenté par M. E. Borel.)

2° *Méthode géométrique d'intégration et Appareil pour mesurer les aires des surfaces courbes*, par F.-E. Myard. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

3° *Nouvelles solutions de calcul grapho-mécanique. Dérivographe et planimètre*, par F.-E. Myard. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

4° *Cours de Botanique*, par Gaston Bonnier et Leclerc du Sablon. Fascicule VIII (dernier du Tome second), avec la collaboration de M. Raoul Cerighelli. (Présenté par M. M. Molliard.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Moments de la binomiale par rapport à l'origine*. Note de M. **A. R. Crathorne**, présentée par M. Émile Borel.

M. R. Frisch [1] dérive la très simple formule récurrente pour les semi-invariants, $\lambda_i$, d'une distribution binomiale

$$(1) \qquad \lambda_n = pq\frac{d\lambda_{n-1}}{dP} \qquad (n > 1).$$

A l'aide de cette relation et de la relation générale bien connue entre moments par rapport à l'origine et les semi-invariants

$$(2) \qquad m_{n+1} = \lambda_1 m_n + \binom{n}{1}\lambda_2 m_{n-1} + \binom{n}{2}\lambda_3 m_{n-2} + \ldots + \binom{n}{n-1}\lambda_n m_1 + \lambda_{n+1},$$

on trouve aisément une très simple relation entre les moments successifs d'une distribution binomiale discontinue par rapport à l'origine. Si $m_i$ représente le $i^{\text{ème}}$ moment d'une distribution binomiale par rapport à l'origine, cette relation est

$$(3) \qquad m_{n+1} = m_1 m_n + pq\frac{dm_n}{dP}.$$

La vérification est une simple preuve inductive mathématique.

On démontre aisément que (3) est vrai pour $n = 2$ ou 3. Puis, écrivant (2) pour $m_n$ au lieu de $m_{n+1}$, on trouve $dm_n/dP$ sous les termes des dérivés des semi-invariants et de moments d'ordres inférieurs. Supposons que (3) est vrai pour des moments d'ordre $(n-1)$ et plus bas, à l'aide de l'expression (1) de Frisch, on démontre, après une petite manipulation algébrique, que

$$pq\frac{dm_n}{dP} = m_{n+1} - m_1 m_n.$$

---

[1] *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 274.

CALCUL FONCTIONNEL ET CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les espaces* V *et* W (¹). Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

1. Par soustraction d'une fonction indépendante du hasard, d'une fonction à discontinuités fixes et d'un terme gaussien, on peut supposer que, la loi de probabilité dont dépend $x(t)$, que nous définirons par $\mathcal{E}\{e^{izx}\} = \Phi(z, t)$ (le symbole $\mathcal{E}$ désignant la valeur probable) variant d'une manière continue avec $t$, $x(t)$ soit réduit à la *fonction des sauts*, qui ne varie que par sauts brusques en des points dépendant du hasard. La somme $x(t, u', u'')$ des sauts d'amplitude $u$, soit supérieure à $u' > 0$, soit inférieure à $u'' < 0$, est toujours bien définie; si $N(h, t)$ vérifie pour chaque $t$ les conditions indiquées dans notre précédente Note, on peut, pour chaque $t$, établir entre $u'$ et $u''$ une relation telle que $u'$ et $u''$ tendant en même temps vers zéro, la loi dont dépend $x(t, u', u'')$ ait une limite. Cette remarque, complétant la discussion du dernier cas considéré dans la Note citée, donne l'expression des espaces V et W les plus généraux. Après les réductions rappelées ci-dessus, il vient

$$\text{og}\,\Phi(z, t) = \lim_{u', u'' \to 0} \left( \int_{-\infty}^{u''} + \int_{u'}^{\infty} \right) (e^{iuz} - 1)\, d_u N(u, t).$$

Pour chaque valeur de $t$, la représentation de $\Phi(z, t)$ par cette formule est unique. Si l'on connaît la loi dont dépend $x(T)$, même sans rien savoir sur celles dont dépend $x(t)$ pour les valeurs de $t$ de l'intervalle $(0, T)$, la probabilité qu'il existe des sauts compris entre $u$ et $u + du$ est bien déterminée, sa répartition entre les différentes valeurs de $t$ entre 0 et T étant seule indéterminée. Cette remarque montre que les lois susceptibles d'être rencontrées dans les espaces V, après élimination des discontinuités fixes ont une arithmétique, dans laquelle le théorème de Gauss et les notions de p. g. c. d. et de p. p. c. m. s'appliquent : les facteurs premiers sont, d'une part la loi de Gauss, d'autre part la loi de Poisson pour laquelle $\log\Phi(z) = e^{iuz} - 1$ (cette dernière contenant donc le paramètre $u$); les exposants varient d'une manière continue.

Il faut remarquer que cette arithmétique ne s'étend pas aux lois quelconques; ainsi le choix d'une variable $x$ entre 0 et 1 résulte du choix

(¹) Voir *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 786.

de ses décimales successives; en prenant deux systèmes de numération à bases premières entre elles, et comparant les deux décompositions en facteurs qui en résultent pour la loi dont dépend $x$, on voit que le théorème de Gauss ne s'applique pas.

2. Nous appellerons *variation totale d'ordre* $\alpha > 0$ d'une fonction $x(t)$ définie dans un intervalle $(0, T)$ la borne supérieure $S_\alpha$ de $\Sigma|\Delta x|^\alpha$, lorsqu'on fait varier de toutes les manières possibles la décomposition de l'intervalle $(0, T)$ en intervalles partiels $\Delta t$ (non nécessairement très petits). On peut naturellement étendre cette notion en introduisant, au lieu de $|\Delta t|$, une fonction croissante de $|\Delta x|$, s'annulant avec son argument; on définit ainsi la *variation généralisée* liée à cette fonction.

Si $\alpha < 1$, $S_\alpha$ n'est fini que dans le cas de fonctions ne variant que par sauts et peut s'obtenir, comme dans le cas où $\alpha = 1$ en choisissant un mode particulier de division en intervalles tous très petits. Il en résulte que la loi de probabilité dont dépend $S_\alpha$ dans un espace V (ou W) est facile à former. Ainsi, pour l'espace W, défini par la loi stable $L_\alpha$, pour laquelle

$$\log \Phi(z, t) = -t|z|^\alpha,$$

$S_\alpha$ est infini; $S_\beta$, pour $\beta > \alpha$, est fini, mais à valeur probable infinie, tandis que la variation généralisée liée à $|\Delta x|^\beta/1 + |\Delta x|^\beta$ a sa valeur probable finie.

Pour $\alpha > 1$, la borne supérieure de $\Sigma|\Delta x|^\alpha$ s'obtient en ne prenant comme points de division que les maxima et minima de $x(t)$, ce qui peut conduire à exclure des intervalles; en tout cas, le procédé qui vient d'être indiqué dans le cas précédent, pour l'étude de $S_\alpha$ dans un espace V, conduit ici à une loi dont dépend une expression $S'_\alpha$ qui ne peut que donner une borne inférieure presque toujours trop faible, $S_\alpha$. L'étude de $S_\alpha$ est plus difficile. Nous ne pouvons indiquer les énoncés qui suivent que comme une hypothèse qui nous paraît très probable :

Pour tout espace V, même s'il y a des discontinuités fixes, en supposant seulement effectuée une première réduction qui consiste à retrancher de $x(t)$ une certaine fonction indépendante du hasard :

1° il y a une probabilité égale à 1 que $S_2$ soit borné;

2° la variation généralisée liée à $(\Delta x)^2/1 + (\Delta x)^2$ a une valeur probable finie, toujours bien déterminée;

3° $\mathfrak{P}\{E\}$ désignant la probabilité de E, et K une constante absolue, si

$$\mathcal{E}\{x\} = 0 \text{ (pour tout } t\text{)}, \quad \mathcal{E}\{x^2(T)\} = M^2,$$

on a pour tout $\mu$ réel

$$\mu^2 \mathfrak{P}\{S_2 > \mu^2\} \leqq KM^2.$$

Cette dernière inégalité, si elle est exacte, s'appliquerait en particulier aux séries de variables aléatoires indépendantes, et constituerait une généralisation de l'inégalité de Bienaymé-Tchebichef et de celle obtenue par A. Kolmogoroff (¹) pour le maximum de $|x(t)|$ dans l'intervalle (o, T).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés extrémales de polynomes dont la variation totale est donnée.* Note (²) de M. J. **Geronimus**, présentée par M. Hadamard.

*Trouver les valeurs extrémales de l'expression linéaire*

$$\omega(\mathfrak{P}) = \sum_{i=0}^{s} a_i A_i$$

*dépendant des coefficients d'un polynome*

$$\mathfrak{P}(x) = \sum_{i=0}^{n} A_i x^{n-i},$$

*dont la variation totale sur* $(-1, +1)$ *est donnée :*

$$\int_{-1}^{1} |\mathfrak{P}'(x)|\, dx = 1.$$

On trouve qu'on peut ramener ce problème à un autre résolu par l'auteur (³); donc, on en obtient la solution en se servant de formules (3)-(7) de la Note citée où il faut remplacer $n$ par $n-1$ et $a_k$ par

$$\frac{a_k}{n-k} \qquad \left(k = 0, 1, 2, \ldots, s \leqq \left[\frac{n-1}{2}\right]\right).$$

---

(¹) A. Kolmogoroff, *Mathematische Annalen*, **99**, 1928, p. 309-319.

(²) Séance du 26 février 1934.

(³) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 887.

*Supposons maintenant notre polynome monotone sur* $(-1, +1)$; on obtient

$$|a_0 A_0 + a_1 A_1| \leqq \begin{cases} \dfrac{(n-1)^2!}{2^{n+1}\left(\dfrac{n-1}{2}\right)^4!}\left\{|a_0| + \sqrt{a_0^2 + \dfrac{n}{n-2}a_1^2}\right\} & (n, \text{ impair}), \\ \dfrac{n^2!}{2^{n+3}\left(\dfrac{n}{2}\right)^4!}\left\{|a_0| + \dfrac{n a_1}{(n-1)^2} + \sqrt{a_0^2 + \left(\dfrac{n}{n-1}\right)^2 a_1^2 + \dfrac{2|a_0|a_1 n}{(n-1)^2}}\right\} & (n, \text{ pair}), \end{cases}$$

et, pour $s$ quelconque, les formules analogues à (4) de la Note citée.

Si notre polynome monotone doit être non décroissant sur $(-1, +1)$, on peut remplacer ces bornes par d'autres plus étroites.

*Si n augmente indéfiniment tandis que s reste fini, on trouve, en supposant* $a_0, a_1, \ldots, a_s$ *de même ordre*,

$$\left|\sum_{i=0}^{s} a_i A_i\right| \leqq \begin{cases} \dfrac{2^{n-s-1} n^{\frac{s}{2}-1}}{\pi \dfrac{s}{2}!}|a_s| & (s, \text{ pair}), \\ \dfrac{2^{n-s-1} n^{\frac{s-3}{2}}}{\pi \dfrac{s-1}{2}!}\left\{|a_{s-1}| + \sqrt{a_{s-1}^2 + a_s^2}\right\} & (s, \text{ impair}). \end{cases}$$

*Ces valeurs extrémales sont, pour un polynome monotone,* $\pi/2$ *fois plus petites que pour un polynome quelconque.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la croissance des fonctions entières d'ordre infini définies par un développement de Taylor.* Note de M. **King-Lai Hiong**, présentée par M. J. Hadamard.

Dans son Mémoire *Sur les fonctions entières*, Poincaré a mis en évidence deux faits d'une grande importance dont l'un est la relation entre la croissance d'une fonction entière et la décroissance des coefficients de son développement en série de Taylor. Ce problème a été étudié depuis par MM. Hadamard, Borel, Lindelöf, Valiron etc., dans le cas de l'ordre fini et pour certaines classes de fonctions entières d'ordre infini; je me propose de traiter d'une façon générale le cas de l'ordre infini à l'aide de la définition de l'ordre donnée dans des Notes précédentes.

1. Soit $f(z)$ une fonction entière d'ordre infini,

$$(1) \qquad f(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n + \ldots,$$

son développement de Taylor; désignons par $M(r)$ le module maximum de $f(z)$ pour $|z| = r$.

Partant de l'inégalité classique $|a_n| < M(r) : r^n$, j'établis d'abord la proposition :

I. *Si $\rho(r)$ est un ordre* (¹) *de $f(z)$ de sorte que, à partir d'une certaine valeur $r_0$,*

$$(2) \qquad \log M(r) < r^{\rho(r)[1+\varepsilon(r)]} \qquad [\varepsilon(r) \to 0 \text{ pour } r \to \infty],$$

*alors on a, à partir d'un certain indice $n_0$,*

$$(3) \qquad n < U\left(\frac{1}{\sqrt[n]{|a_n|}}\right)^{1+\eta(n)} \qquad [\eta(n) \to 0 \text{ pour } n \to \infty],$$

*où* $U(r) = r^{\rho(r)}$.

Puis à l'aide d'un lemme qui se déduit de la théorie de M. Valiron basée sur le polygone d'Hadamard (²), je démontre la réciproque :

II. *Étant donnée la série* (1), *si l'on a l'inégalité* (3) *à partir d'un certain indice $n_0$, et que $U(r)$ est une fonction satisfaisant à la condition de la croissance normale*

$$(4) \qquad U\left(r + \frac{r}{\log U(r)}\right) < U(r)^{1+\varepsilon(r)} \qquad [\varepsilon(r) \to 0 \text{ pour } r \to \infty],$$

*alors l'inégalité* (2) *est vérifiée à partir d'une certaine valeur $r_0$.*

De ces résultats découlent les propositions suivantes :

I'. *Si $\rho(r)$ désigne un ordre de $f(z)$ de sorte qu'on ait, pour une suite de valeurs $r_\nu$ croissant à l'infini,*

$$(2') \qquad \log M(r_\nu) > U(r_\nu)^{1-\varepsilon} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots),$$

*si petit que soit le nombre positif $\varepsilon$, alors on a, pour une suite infinie d'indices $n_\nu$,*

$$(3') \qquad n_\nu > U\left(\frac{1}{\sqrt[n_\nu]{|a_{n_\nu}|}}\right)^{1-\eta} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots),$$

*si petit que soit $\eta$.*

---

(¹) KING-LAI HIONG, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 239.

(²) VALIRON, *Lectures on the gen. theory on integral func.* (Deighton, Bell and C°, Cambridge, 1923).

II'. *Étant donnée la série* (1), *si l'on a l'inégalité* (3') *pour une suite infinie d'indices* $n_\nu$, *si petit soit-il* $\eta$, *et que* $U(r)$ *satisfait à la condition* (4), *alors l'inégalité* (2') *est vérifiée pour une suite de valeurs* $r_\nu$ *croissant à l'infini, si petit soit-il* $\varepsilon$.

2. On peut chercher la condition nécessaire et suffisante que doivent remplir les coefficients de (1) pour que $M(r)$ soit à *croissance régulière* en ce sens que, à partir d'une certaine valeur $r_0$, on a

$$\log M(r) > U(r)^{1-\varepsilon}$$

aussi bien que l'inégalité (2). Une méthode de M. Valiron [1] permet d'obtenir d'une façon assez simple une condition nécessaire et l'on démontre sans peine qu'elle est suffisante. Voici le théorème auquel on est conduit :

III. *Pour que* $M(r)$ *soit à croissance régulière, il faut et il suffit que* $U(r)$ *étant une certaine fonction à croissance normale, l'inégalité* (3) *soit vérifiée à partir d'un certain indice* $n_0$ *et l'inégalité* (3') *pour une suite d'indices* $n_\nu$ *tels que*

$$\lim_{\nu=\infty} \frac{\log n_{\nu+1}}{\log n_\nu} = 1. \tag{5}$$

3. MM. Borel, Valiron ont également étudié, au point de vue où nous nous plaçons, les séries entières à rayon de convergence fini. En ce qui concerne le cas de l'ordre infini, j'obtiens des résultats tout à fait analogues; ainsi on a les théorèmes :

IV. *Soit* $f(z)$ *une fonction holomorphe d'ordre infini définie par son développement* (1) *dont le rayon de convergence est supposé égal à* 1; *si* $\rho(1/1-n)$ *est un ordre de* $f(z)$ [2], *on a, à partir d'un indice* $n_0$,

$$n < U\left(\frac{1}{\sqrt[n]{|a_n|}}\right)^{1+\eta(n)} \qquad [\eta(n) \to 0 \text{ pour } n \to \infty], \tag{6}$$

*où* $U(x) = x^{\rho(x)}$, *et, pour une suite infinie d'indices* $n_\nu$,

$$n_\nu > U\left(\frac{1}{\sqrt[n_\nu]{|a_{n_\nu}|}}\right)^{1-\eta} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots), \tag{6'}$$

*si petit que soit* $\eta$.

V. *Si l'on a* (6) *à partir de* $n_0$ *et* (6') *pour une suite infinie* $n_\nu$, *la fonction* $U(x)$ *étant à croissance normale, la fonction* $\rho(1/1-r)$ *définie par* $U(x) = x^{\rho(x)}$ *est un ordre de* $f(z)$.

---

(1) Borel, *Leçons sur les fonctions entières*, p. 131 (Paris, 1921).

(2) K. L. Hiong, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1764.

VI. *Pour que* $M(r)$ *soit à croissance régulière, r tendant vers* 1, *il faut et il suffit qu'on ait* (6) *à partir de* $n_0$ *et* (6') *pour une suite* $n_\nu$ *telle que* (5) *soit vérifiée.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *L'intégrale d'une fonction holomorphe et à partie réelle positive dans un demi-plan est univalente.* Note de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(z) = u(z) + iv(z)$ holomorphe et $u(z) > 0$ dans le demi-plan $D(x > 0)$. Posons

$$W(z) = U(z) + iV(z) = \int_1^z f(z)\, dz.$$

Soit $\Gamma_c$ une courbe sur laquelle $V(z) = c$, où $c$ est constant. $\Gamma_c$ coupe chaque droite parallèle à l'axe imaginaire en un seul point au plus, car $u > 0$ entraîne $V(x + y_1 i) < V(x + y_2 i)$ pour $y_1 < y_2$. Soit $a$ la borne inférieure de $x$ sur $\Gamma_c$.

*Premier cas* : $a > 0$. — Je dis qu'*il ne peut exister de courbe* $\Gamma'_c$ *à gauche de la droite* $x = a$ *et appartenant à la même valeur de c.*

En effet soit $b$ la borne supérieure de $x$ sur $\Gamma'_c$ supposée existante. Alors la droite $x = b$ est asymptote de $\Gamma'_c$. De même la droite $x = a$ est asymptote de $\Gamma_c$. Pour $x \to b$, on a $y \to +\infty$ ou $y \to -\infty$ sur $\Gamma'_c$, et de même pour $x \to a$ sur $\Gamma_c$. Car dans le cas contraire on aurait $V(b + yi) = c$ ou $V(a + yi) = c$ pour toutes les valeurs de $y$, en contradiction avec $u > 0$.

Nous pouvons admettre que $y \to +\infty$ pour $x \to b$ sur $\Gamma'_c$. Je dis que $dx/dy \to +\infty$. Car autrement il existerait un nombre $M < \infty$ et une suite de points $z_n = x_n + iy_n$ sur $\Gamma'_c$, telle que $y_n \to +\infty$ et $(dy/dx)_{z_n} < M$. Or $dy/dx = -v/u = \operatorname{tang}\theta(z)$, où la fonction $\theta(z)$ est harmonique dans D et entre $-\pi/2$ et $\pi/2$. La fonction $\theta(z) + \pi/2 - i \log|z|$ est holomorphe et à partie réelle positive dans D, donc

$$(1) \qquad \left|\frac{\partial\theta}{\partial x}\right| \quad \text{et} \quad \left|\frac{\partial\theta}{\partial y}\right| < \frac{\theta + \frac{\pi}{2}}{x} < \frac{3\pi}{2x} \quad [1].$$

Il résulte de (1) que les points $z_n$ sont centres de carrés $\gamma_n$ dont les côtés sont parallèles à $Ox$ et $Oy$ et ont une longueur fixe $2h$, tels qu'en tous les points de $\Gamma'_c$ intérieurs à $\gamma_n$ : $dy/dx < M + 1$. Pour $n$ assez grand, $\gamma_n$ coupe

[1] *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 500.

la droite $x=b$ et contient en vertu de $y \to +\infty$ un point de $\Gamma'_c$ où $dy/dx > h/(b-x_n) \to +\infty$ pour $n \to \infty$. Cette contradiction prouve que $dy/dx \to +\infty$.

Remarquons que (1) nous fournit maintenant

$$(2) \qquad \lim_{y \to +\infty} \theta(b+yi) = \frac{\pi}{2}.$$

A. Supposons que $y \to +\infty$ pour $x \to a$ sur $\Gamma_c$. On aura

$$(3) \qquad \lim_{y \to +\infty} \theta(a+yi) = -\frac{\pi}{2}.$$

Les fonctions harmoniques $\theta(z+ni)$ ($n=1, 2, \ldots$) forment une suite normale dans D. On peut en extraire une suite partielle $\theta(z+pi)$ qui converge vers une fonction harmonique $\psi(z)$ dans D. Pour $x=b$ et $x=a$, on a $\psi(z)=\pi/2$ et $-\pi/2$ respectivement et ces deux valeurs seraient les bornes de $\psi(z)$ dans D, ce qui est impossible. Donc le cas A ne se présente pas.

B. Supposons que $y \to -\infty$ pour $x \to a$ sur $\Gamma_c$. Alors $\mathcal{V}(z) < c$ pour $x=b$ et $> c$ pour $x=a$. Entre les droites $x=a$ et $x=b$ il se trouve donc une courbe $\Gamma''_c$ sur laquelle $y \to +\infty$ et $y \to -\infty$ quand $x$ tend vers sa borne supérieure et inférieure respectivement, tout autre hypothèse conduisant à une contradiction comme ci-dessus. En répétant le raisonnement nous parvenons ou bien à une infinité de telles courbes, ce qui est impossible, ou bien à une courbe $\Gamma^*_c$ sur laquelle $y \to +\infty$ pour $x \to a$, ce qui est encore impossible puisque $V(a+yi)$ égalerait $c$ pour toutes les valeurs de $y$.

Il est donc démontré qu'il n'existe pas de courbe $\Gamma'_c$ à gauche de $x=a$.

S'il existe une courbe $\Gamma'_c$, différente de $\Gamma_c$, aucune droite parallèle à $Oy$ ne peut couper $\Gamma_c$ et $\Gamma'_c$, en vertu de $u > 0$. Donc $\Gamma'_e$ doit se trouver entièrement à droite de $\Gamma_c$ chose impossible comme il a été démontré. Donc $\Gamma_c$ est le lieu total $V=c$.

*Deuxième cas :* $a=0$. — Si la borne supérieure de $x$ sur $\Gamma_c$ est $+\infty$, il n'y a pas d'autre courbe $\Gamma'_c$. Si cette borne est finie, la même conclusion est exacte, comme dans le premier cas.

Donc le lieu $V=c$ est toujours une courbe unique $\Gamma_c$. Sur chaque $\Gamma_c$ la fonction U ne prend une même valeur qu'en un seul point, donc $W(z)$ est univalente.

RELATIVITÉ. — *Sur une définition axiomatique de l'impulsion et de l'énergie*. Note de M. **V. Lalan**, transmise par M. Élie Cartan.

1. M. Langevin a souligné l'intérêt qu'il y aurait à donner à la dynamique relativiste une base purement rationnelle, en la rattachant directement à la cinématique, au lieu de la subordonner, comme on le fait couramment, à l'électromagnétisme ([1]). C'est à cet ordre d'idées que se rattachent les considérations qui suivent.

La cinématique de Lorentz étant admise, et la masse au repos $m_0$ étant introduite ([2]), il s'agit en premier lieu de déterminer les fonctions $f(v^2)$ et $g(v^2)$ qui figureront dans l'expression de l'énergie $m_0 f(v^2)$ et de l'impulsion $m_0 g(v^2)\vec{v}$. Nous allons montrer qu'il n'y a qu'une façon de les choisir de telle sorte que soit vraie la proposition suivante : *Si deux systèmes matériels, formés de masses quelconques, ont même impulsion et même énergie par rapport à un référentiel d'inertie, ils ont même impulsion et même énergie par rapport à tout référentiel d'inertie*. Cet axiome, qui se borne à énoncer le caractère absolu du complexe : *impulsion-énergie d'un système matériel*, équivaut, comme nous allons le voir, à la définition complète de l'impulsion et de l'énergie.

2. Considérons d'abord deux systèmes formés l'un et l'autre de deux points de même masse $m_0$, les deux points du premier système ayant, par rapport au référentiel S, des vitesses $v$, égales et opposées, parallèles à $Ox$; ceux du second, des vitesses $v$, égales et opposées, mais parallèles à $Oy$. Par rapport à S, les deux systèmes ont même impulsion et même énergie; écrivons qu'il en est de même par rapport au référentiel S', animé, relativement à S, d'une vitesse $-u$, parallèle à $Ox$. Nous obtenons les équations fonctionnelles

$$f\left[\left(\frac{u+v}{1+\frac{uv}{c^2}}\right)^2\right]+f\left[\left(\frac{u-v}{1-\frac{uv}{c^2}}\right)^2\right]=2f\left(u^2+v^2-\frac{u^2v^2}{c^2}\right),$$

$$\frac{u+v}{1+\frac{uv}{c^2}}g\left[\left(\frac{u+v}{1+\frac{uv}{c^2}}\right)^2\right]+\frac{u-v}{1-\frac{uv}{c^2}}g\left[\left(\frac{u-v}{1-\frac{uv}{c^2}}\right)^2\right]=2u\,g\left(u^2+v^2-\frac{u^2v^2}{c^2}\right).$$

---

([1]) Francis Perrin, *La dynamique relativiste et l'inertie de l'énergie*. Paris, 1932, p. 11.

([2]) Le mot *masse*, dans ce qui suit, signifiera toujours *masse au repos*.

Posant

$$\alpha = \frac{u+v}{1+\frac{uv}{c^2}}, \qquad \beta = \frac{u-v}{1-\frac{uv}{c^2}}, \qquad X = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\alpha^2}{c^2}}}, \qquad Y = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{\beta^2}{c^2}}}$$

et

$$F(X) = f(\alpha^2) = f\left[c^2\left(1-\frac{1}{X^2}\right)\right], \qquad XG(X) = g(\alpha^2) = g\left[c^2\left(1-\frac{1}{X^2}\right)\right],$$

on trouve

$$F(X) = HX + H_1, \qquad G(X) = K \qquad (H,\ H_1,\ K,\ \text{constantes}),$$

c'est-à-dire

$$f(v^2) = \frac{H}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} + H_1, \qquad g(v^2) = \frac{K}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

3. Notre calcul ne prouve pas que ces expressions conviennent pour le cas où les deux systèmes auraient des masses différentes. Pour résoudre le problème dans toute sa généralité, considérons les quatre nombres qui, d'après le résultat précédent, mesurent l'impulsion-énergie d'un système par rapport à S :

$$L = \sum \frac{m_0 K}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\frac{dx}{dt}, \qquad M = \sum \frac{m_0 K}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\frac{dy}{dt},$$

$$N = \sum \frac{m_0 K}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\frac{dz}{dt}, \qquad U = \sum m_0\left(\frac{H}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} + H_1\right).$$

D'après notre axiome, il faut que les composantes $L'$, $M'$, $N'$, $U'$ de ce complexe par rapport à $S'$ puissent s'exprimer en fonction de $L$, $M$, $N$, $U$, *à l'exclusion de* $\Sigma m_0$. Un calcul facile montre que cette condition exige $H_1 = 0$. Nous obtenons donc les expressions définitives : $m_0 H/\sqrt{1-v^2/c^2}$ et $m_0 K/\sqrt{1-v^2/c^2}\,\vec{v}$ de l'énergie et de l'impulsion, les constantes H et K ne dépendant plus que de la définition des unités.

Il est à remarquer que ce que nous trouvons, c'est *l'énergie totale* et non *l'énergie cinétique*. Comme cette dernière correspond à $H_1 = -H \neq 0$, notre analyse montre que le complexe impulsion-énergie cinétique d'un système matériel n'a pas de caractère absolu.

4. Les mêmes calculs peuvent être effectués à partir de la cinématique de Galilée; ils conduisent à l'énergie $m_0(Hv^2 + H_1)$ et à l'impulsion $m_0 K\vec{v}$.

Mais aucune considération d'invariance ne permet de distinguer une valeur remarquable pour $H_1$. Il y a là une différence notable entre les deux dynamiques. Dans la dynamique classique, deux systèmes matériels, de masses différentes, qui ont même impulsion et même énergie par rapport à un référentiel, n'ont ni même impulsion ni même énergie par rapport à un autre référentiel, quel que soit le choix de la constante $H_1$.

AÉRODYNAMIQUE. — *Répartition des températures sur un cylindre isolant, en déplacement rapide dans l'air.* Note de M. **Edmond Brun**, présentée par M. Ch. Fabry.

Après avoir mesuré l'échauffement de corps cylindriques en déplacement rapide dans l'air, il m'a paru intéressant d'analyser le phénomène en étudiant l'échauffement de chaque génératrice supposée isolée.

Le dispositif général a été déjà décrit (1) ainsi que ses perfectionnements successifs (2). Les cylindres, en ébonite, (diamètre : $2^{cm},4$), portent une génératrice fine, en laiton, soudée aux fils du thermocouple à l'intérieur du cylindre. Ils sont mobiles autour de leur axe et l'orientation de la génératrice métallique par rapport à la direction de la vitesse est repérée par une graduation collée sur le disque. Une âme en acier permet au cylindre de résister à une accélération centrifuge mille fois supérieure à celle de la pesanteur (condition mécanique). L'affleurement de la génératrice à la surface du cylindre est tel que le doigt passé sur la surface ne constate ni aspérité, ni cavité (condition aérodynamique). Les conditions thermiques sont plus difficiles à préciser car il est impossible d'isoler la génératrice en laiton du cylindre en ébonite. A ce sujet, nous signalerons simplement les résultats observés.

Le régime permanent de distribution de température, atteint au bout d'un temps assez long (10 minutes, par exemple), ne correspond pas à la distribution des températures que l'on obtiendrait avec un cylindre infiniment isolant, car une égalisation de température tend à s'effectuer (par la région centrale du cylindre notamment). Il faut, par suite, déterminer la distribution superficielle des températures au début du régime variable et, pour cela, prendre une masse en laiton, peu profonde, et, par suite, de

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 594.
(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1960.

faible inertie thermique. Pour une vitesse donnée, la courbe des températures en fonction du temps présente alors une élévation brusque, un maximum et une diminution de plus en plus lente, la température tendant vers une valeur qui correspond à celle du régime permanent. C'est la température maximum qui représente le mieux la température que l'on observerait avec un cylindre infiniment isolant.

Les expériences ont été effectuées pour des vitesses comprises entre 50 et 75 m/s et pour des azimuts variant de 15 en 15 degrés. Pour partir chaque fois d'un état thermique homogène, chaque mesure n'était entreprise que 4 heures au moins après la précédente. Pour chaque orientation et pour une même vitesse, 3 à 6 mesures ont été effectuées, ce qui a permis d'évaluer, dans chaque cas, la plus ou moins grande fidélité du phénomène. Pour la région amont (entre 0° et 30°), la concordance des résultats est très satisfaisante, l'écart maximum à la valeur moyenne étant de 2,5 pour 100. Il en est de même (ou presque) pour la région aval (entre 150° et 180°). Au contraire, dans la zone médiane, des discordances importantes se manifestent et surtout autour de l'azimut 90° (jusqu'à 10 pour 100 pour l'écart maximum à la valeur moyenne).

Le tableau suivant groupe les résultats correspondant à une vitesse de 60 m/s :

| Azimut. | Échauffement. | Azimut. | Échauffement. | Azimut. | Échauffement. |
|---|---|---|---|---|---|
| ° | ° | ° | ° | ° | ° |
| 0......... | 2,60 | 75........ | 1,62 | 135........ | 1,54 |
| 15......... | 2,36 | 90........ | 1,58 | 150........ | 1,24 |
| 30......... | 2,22 | 105........ | 1,61 | 165........ | 1,19 |
| 45......... | 1,71 | 120........ | 1,60 | 180........ | 1,18 |
| 60......... | 1,70 | | | | |

L'échauffement diminue donc constamment de l'amont vers l'aval mais la diminution est loin d'être régulière : une chute brusque sépare la zone d'amont (0°—30°) de la zone médiane (40°—130°) où la température reste sensiblement constante. Je n'ai pu mettre en évidence aucune relation simple entre la répartition des températures et la répartition des pressions. Il est certain, cependant, que des résultats tels que les précédents devraient aider à une meilleure connaissance de la couche limite, si difficile à explorer directement.

Le tableau précédent donne pour l'échauffement moyen du cylindre 1°,68 environ. Ce serait également, comme le montre un calcul simple, l'échauffement que prendrait un cylindre conducteur, si la valeur du coef-

ficient d'échange thermique était la même pour tout élément de surface du cylindre. L'expérience (Jakemann) montre que ce coefficient dépend de l'orientation mais, de ce fait, la valeur de l'échauffement ne doit pas être modifiée. Effectivement, l'échauffement de bagues d'argent de même diamètre que les cylindres d'ébonite est de 1°,55 pour une vitesse de 60 m/s. C'est à peu près la valeur de l'échauffement que nous avions avec de petits cylindres métalliques mais avec des cylindres massifs de plus grand diamètre l'échauffement était notablement plus faible, par un phénomène analogue à celui signalé à propos du plan, tout récemment.

GÉODÉSIE. — *Caractères généraux de l'intensité de la pesanteur dans le Nord-Est de la Chine.* Note [1] de MM. **P. Lejay** et **Lou Jou Yu**, présentée par M. Georges Perrier.

A l'Ouest de l'immense plaine qui forme la presque totalité du Hopei, le massif montagneux du Shansi se compose de deux systèmes de chaînes parallèles, généralement orientées NNE-SSO, entre lesquelles se trouve un haut plateau de 800$^{m}$ d'altitude moyenne. Il était intéressant de chercher si, aux dispositions régulières des couches géologiques superficielles, ne correspondrait pas une répartition parallèle des anomalies gravimétriques déduite de nos observations [2].

Or, si nous portons sur une carte les anomalies de Bouguer, nous constatons immédiatement sur cet immense territoire une diminution continue de la gravité de l'Est vers l'Ouest; les anomalies, presque nulles le long de la côte, atteignent — 150 milligals le long du Fleuve Jaune. Cette diminution progressive n'est pas fonction directe de l'altitude : elle se fait sentir déjà dans la plaine, large de 300$^{km}$, qui s'étend entre la mer et la première chaîne de montagnes, n'est pas beaucoup plus accentuée au bord de celle-ci, lorsqu'on passe subitement de 100 à plus de 1000$^{m}$ d'altitude; elle se poursuit régulièrement sur le plateau et dans la chaîne de l'Ouest, où l'altitude des stations reste à peu près constante.

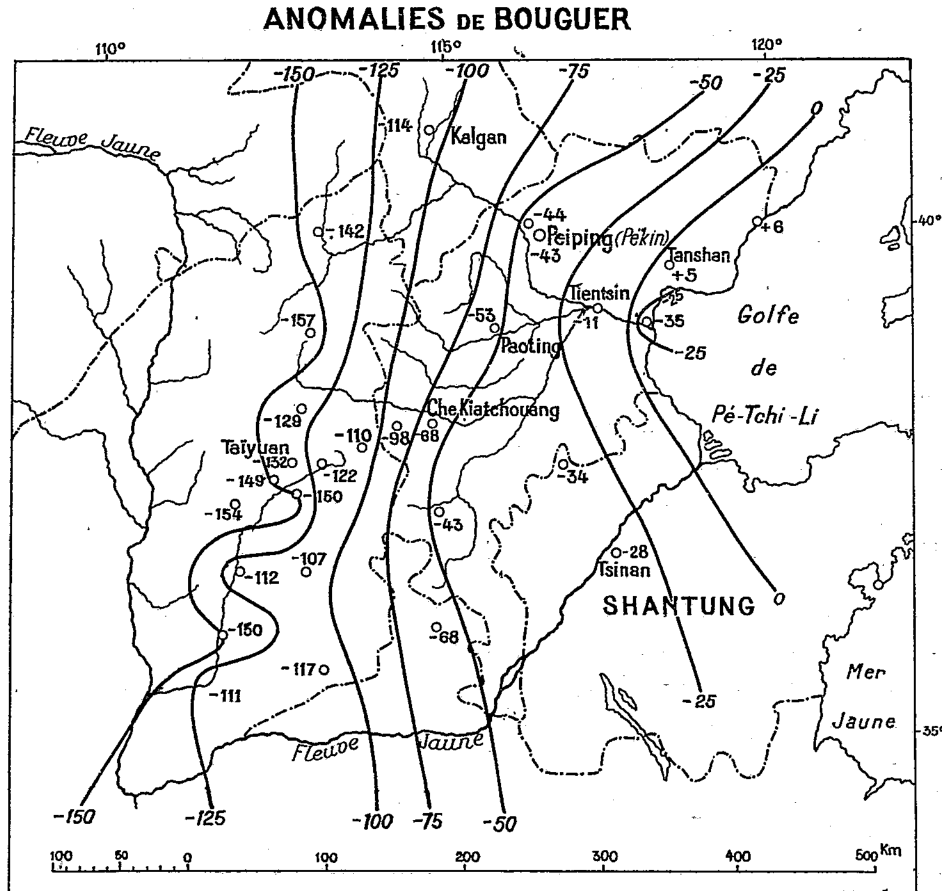
Ces anomalies ne peuvent être attribuées à des erreurs d'appréciation sur les densités des couches superficielles, car elles ne s'annuleraient même pas en supposant à la masse montagneuse une densité nulle. Elles sont donc

(1) Séance du 19 mars 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 905.

dues nécessairement à une diminution progressive des densités des couches profondes sous le continent, ou, si l'on veut, à une augmentation progressive de l'épaisseur d'une couche de densité faible.

Cette région du continent asiatique semble constituer un exemple particulièrement frappant de compensation des excès de masse superficiels dans les couches inférieures. L'application de la méthode du Coast and




Geodetic Survey, pour le calcul des anomalies isostatiques, a été fait à quelques stations, et a montré que cette théorie ne suffisait pas à expliquer entièrement le phénomène, bien que les anomalies isostatiques fussent beaucoup plus petites que les anomalies de Bouguer (rapport 1/8 environ). Les anomalies constatées dans la plaine, en particulier à plusieurs centaines de kilomètres du massif, laissent supposer que les couches de compensation

débordent quelque peu le système montagneux, à moins qu'on ne les suppose, contrairement aux idées reçues, à une grande profondeur.

Il a été impossible au cours de notre campagne, d'atteindre la limite ouest de ce phénomène, dont l'étude mériterait de retenir l'attention d'une expédition au centre de l'Asie.

Signalons les maxima et minima secondaires de la région sud-ouest du Shansi, où l'allure des isanomales paraît indiquer une limitation rapide des anomalies négatives vers le Sud. Ce point fera l'objet de prochaines études. Un minimum assez prononcé se trouve également sur la côte, à l'embouchure du Pei Ho, où l'on rencontre, à Tankou, une exception à la loi générale de distribution des anomalies étudiée ci-dessus.

Il faut rapprocher des remarques précédentes l'anomalie négative constatée au fond des mines de Tangshan, inexplicable, elle aussi, par des erreurs d'appréciation de densités : en s'enfonçant, on se rapproche bien des couches de faibles densités. Bien que les valeurs données pour $g$ dans le tableau de notre dernière Note soient exactes à un très petit nombre de milligals près, les anomalies devront être légèrement révisées lorsque les latitudes et les altitudes des stations auront été déterminées. Pour les altitudes en particulier, en certaines stations, des erreurs appréciables ont pu être commises. Nous avons dû les mesurer au baromètre, en prenant pour point de départ les profils en long des voies ferrées. Pour les stations éloignées des chemins de fer, parfois de plusieurs centaines de kilomètres, malgré le double cheminement, des erreurs de 15 à $25^{m}$ sont possibles. (L'altitude de ces stations est indiquée en italiques dans le tableau de la page 906.) Les anomalies correspondantes ne peuvent être garanties qu'à une dizaine de milligals.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la durée de la décharge d'une batterie de condensateurs dans un fil métallique.* Note de M. **Georges Vaudet**, transmise par M. A. Cotton.

Le Laboratoire du grand électroaimant de l'Académie des Sciences disposant d'une batterie de 80 éléments de condensateurs (type Berthoud-Borel à diélectrique pâteux), de capacité totale 2 microfarads environ et supportant 100 kilovolts, nous avons poursuivi nos recherches pour obtenir avec cette batterie des lumières brèves et intenses, par le procédé utilisé déjà par Anderson et Sinclair Smith.

Le dispositif de coupure que nous avions précédemment décrit ([1]) nécessitant de trop grandes précautions pour y maintenir le vide, nous nous sommes contenté de former le circuit de décharge par le fil métallique à volatiliser et une coupure dans l'air mise brusquement en court circuit.

Nous avons réussi, en augmentant progressivement la tension, à la pousser jusqu'à 80 kilovolts continus (fournis par un transformateur et des kénotrons). Dans ces essais nous nous sommes contenté d'utiliser 24 éléments (capacité 0,64 microfarad).

Le fil est en cuivre (diamètre 0,35 ou 0,15$^{mm}$; longueur environ 60$^{mm}$); il est tendu entre deux porte-forets. Son image est projetée sur un film par l'intermédiaire d'un miroir tournant, et balaie ledit film avec une vitesse linéaire voisine de 150 mètres par seconde.

Les photographies obtenues se composent de deux parties : 1° une région très noire au début, assez étroite (maximum 3$^{mm}$) et qui correspond à l'explosion proprement dite (comme Anderson, nous admettons que la longueur de cette région donne la durée de l'explosion); 2° une traînée dégradée très longue, d'abord plus large que la première région (et empiétant un peu sur elle), puis allant en s'amincissant graduellement. Cette seconde région correspond à l'oxydation du cuivre, Anderson ayant montré qu'elle disparaît quand l'explosion a lieu dans l'hydrogène.

On doit remarquer que le dégradé est loin d'être homogène. On observe en effet dans la traînée au moins trois régions, d'autant plus distinctes que la tension de charge est plus forte. Dans une première région (durée : environ 10 fois la durée d'explosion), c'est la partie centrale qui est plus noire que les bords. Puis vient une seconde région où c'est l'inverse (durée à peu près égale à la précédente). Enfin, dans la troisième région (durée : de 3 à 4 fois l'ensemble des deux premières) tout se fond en une trace mince et pâle, à nouveau centrale.

Tous ces aspects s'expliquent aisément en admettant que, dans l'explosion, la partie centrale du fil est plus chaude et s'oxyde plus vite que les bouts. Cette hypothèse est d'ailleurs confirmée par des photographies ayant pour but d'estimer la température du fil, et dont les résultats seront donnés ultérieurement.

*Durée de l'explosion proprement dite.* — Cette durée suit les lois suivantes :

1° pour un fil et un circuit donnés, elle croît à peu près linéairement, mais *très lentement*, avec la tension de charge de la batterie;

---

([1]) VAUDET, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1637.

2° elle augmente avec le diamètre du fil et sa longueur;

3° elle augmente quand on adjoint une self parasite au circuit de décharge.

Dans les tableaux ci-dessous sont rassemblés quelques résultats numériques. La puissance moyenne *de pointe* est calculée en admettant que le circuit de décharge est virtuellement rompu après la première demi-oscillation de ce circuit.

| Tension (en kilovolts). | Énergie emmagasinée (en joules). | Durée de l'explosion (en microsecondes). | Puissance moyenne (en kilowatts). |
|---|---|---|---|
| 1° *Fil de cuivre* [$d = 0^{mm},35$; self parasite (raccords en fer dans le circuit)]. | | | |
| 36,3 | 422 | 36 | 148 |
| 43,2 | 597 | 36 | 209 |
| 2° *Fil de cuivre* [$d = 0^{mm},15$; self parasite]. | | | |
| 36,4 | 424 | 18 | 1380 |
| 43,8 | 614 | 18,6 | 1930 |
| 50 | 800 | 21 | 2230 |
| 55 | 968 | 26 | 2180 |
| 58,9 | 1110 | 18,6 | 3500 |
| 65,5 | 1373 | 20,5 | 3920 |
| 3° *Fil de cuivre* [$d = 0^{mm},15$; self parasite supprimée]. | | | |
| 50 | 800 | 14 | 4580 |
| 60 | 1152 | 14 | 6600 |
| 70,8 | 1604 | 15,7 | 8200 |
| 75,5 | 1824 | 17,1 | 8550 |
| 78 | 1947 | 15,5 | 10070 |

ÉLECTROCHIMIE. — *La capacité en courant alternatif d'une électrode non polarisable*. Note de M. N. **Thon**, présentée par M. G. Urbain.

I. Un système constitué par deux électrodes et un électrolyte présente en courant alternatif, en plus de la résistance ohmique, une réactance due à l'existence de capacités entre chaque électrode et l'électrolyte. Cette *capacité d'électrode* peut être mesurée à l'aide d'un dispositif de pont de Wheatstone. On n'obtient un minimum absolu qu'à condition de compenser à la fois la résistance et la capacité.

II. Nous avons entrepris l'étude de ces capacités à l'aide d'un dispositif comportant un circuit oscillant entretenu par une lampe triode, émettant

des oscillations monochromatiques, un pont de Wheatstone avec mise à la terre du point neutre, par résistances et capacités, d'après Jones et Josephs [1], et un amplificateur à trois étages à la sortie du pont. La compensation de la capacité se faisait généralement par des bobines de self-induction étalonnées mises en série avec la capacité. La condition de la compensation est donnée par la relation bien connue $L = 1/\omega^2 C$, L désignant la self-induction, C la capacité, $\omega$ la pulsation.

III. En mesurant les capacités du mercure plongeant dans une solution de nitrate mercureux, nous avons constaté que leur variabilité en fonction de la fréquence $\nu$ du courant alternatif est bien plus prononcée que ne le prévoyaient les lois établies antérieurement.

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessous montrent en effet qu'à 0,5 mol-gr/litre $HgNO^3$, la capacité est inversement proportionnelle à $\omega^2$, du moins à partir de $\nu > 4200$. A 0,1 mol-gr/litre, l'ordre de la variation de C en fonction de $\omega$ est situé entre $-1$ et $-2$. La concentration en ions $Hg^+$ diminuant, la relation entre C et $\omega$ approche de la proportionnalité inverse à $\omega^{1/2}$.

En solution, même concentrée, d'ions autres que ceux du mercure, la variabilité de C est plus faible qu'en présence d'ions $Hg^+$. Ainsi, pour une solution de $KNO^3$ à environ 2 mol-gr/litre, on a approximativement $C\sqrt{\omega} = \text{const.}$

| Solution. | $\nu$ (sec$^{-1}$). | C ($\mu$F/cm$^2$). | $C\omega$. | $C\omega^2$. |
|---|---|---|---|---|
| $HgNO^3$ 0,5 m [2]........ | 1050 | 10450 | $690.10^5$ | $455.10^9$ |
| » » .......... | 2100 | 3100 | 410 » | 540 » |
| » » .......... | 4200 | 1200 | 317 » | 836 » |
| » » .......... | 7350 | 426 | 196 » | 910 » |
| » » .......... | 10200 | 220 | 141 » | 905 » |
| » » .......... | 12500 | 144 | 113 » | 894 » |
| » 0,1 m .......... | 1050 | 1400 | $925.10^4$ | $610.10^8$ |
| » » .......... | 2100 | 480 | 635 » | 835 » |
| » » .......... | 4200 | 185 | 489 » | 1290 » |
| » » .......... | 7350 | 80 | 369 » | 1700 » |
| » » .......... | 10200 | 54 | 346 » | 2220 » |
| » » .......... | 12500 | 40 | 314 » | 2480 » |

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 1049.
(2) m = mol-gr/litre.

| Solution. | $\nu$ (sec$^{-1}$). | C ($\mu$F/cm$^2$). | C$\omega$. | C$\sqrt{\omega}$. |
|---|---|---|---|---|
| $HgNO^3$ 0,025 m ........ | 1050 | 152 | 1003.10$^3$ | 12320 |
| » » ........ | 2100 | 73,7 | 974 » | 8460 |
| » » ........ | 4200 | 44,1 | 1165 » | 7150 |
| » » ........ | 7350 | 28,9 | 1332 » | 6210 |
| » » ........ | 10200 | 21 | 1348 » | 5320 |
| » » ........ | 12500 | 18,9 | 1485 » | 5290 |
| $KNO^3$ 2m ............. | 2100 | 29,9 | 395.10$^3$ | 3440 |
| » » ............. | 4200 | 25,5 | 674 » | 4130 |
| » » ............. | 7350 | 21,7 | 1000 » | 4660 |
| » » ............. | 10200 | 18,8 | 1208 » | 4710 |
| » » ............. | 12500 | 16,6 | 1308 » | 4650 |

IV. Ces faits échappent aux règles établies jusqu'ici. En particulier, ils ne cadrent pas avec la théorie développée par F. Krüger [1] dont le raisonnement porte sur l'action seule des ions propres du métal de l'électrode et qui fait intervenir, en plus de la capacité de la couche double [2], indépendante de la fréquence et subsistant seule en solution diluée [3], la capacité, prépondérante en solution concentrée, résultant de la diffusion antagoniste des changements périodiques de concentration produits par le courant alternatif [4]. Ce facteur ne conduit toutefois, à la limite, qu'à une variation de C en raison inverse de $\omega^{1/2}$. On obtient une relation $C\omega = \text{const.}$ en tenant compte de la vitesse limitée de dissociation d'ions complexes [1], facteur n'intervenant évidemment pas dans le cas du sel simple $HgNO^3$.

V. En conclusion, le système facilement dépolarisable $Hg/HgNO^3$ présente des valeurs exceptionnellement élevées de la capacité d'électrode, diminuant avec la fréquence croissante suivant une relation approchant, en solution concentrée, de $C\omega^2 = \text{const.}$ Il paraît donc que la dépolarisation a pour conséquence d'augmenter la capacité d'électrode [5]. La forte variabilité de cette dernière en fonction de la fréquence tendrait à mettre en évidence la vitesse limitée des processus de neutralisation et d'ionisation.

---

(1) *Z. physik. Ch.*, 45, 1903, p. 1.

(2) F. Kohlrausch, *Pogg. Ann.*, 148, 1872, p. 443.

(3) M. Wien, *Wied. Ann.*, 58, 1896, p. 37.

(4) E. Warburg, *Wied. Ann.*, 67, 1899, p. 493; E. Neumann, *ibid.*, p. 499; E. Warburg, *Drud. Ann.*, 6, 1901, p. 125.

(5) T. Erdey-Gruz et G. G. Kromrey, *Z. physik. Ch.*, (A), 157, 1931, p. 213, ont calculé les capacités du mercure polarisé à partir d'oscillogrammes de potentiel et constaté une augmentation de la capacité aux potentiels correspondant au début de l'électrolyse franche.

RAYONS X. — *Raies faibles dans les spectres* K$\beta$ *des éléments* 42 (*molybdène*), 45 (*rhodium*) *et* 47 (*argent*) II. Note de M. **H. Hulubei** et M<sup></sup>lle **Y. Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

Le tableau ci-contre donne les résultats d'une nouvelle étude des spectres K$\beta$ des éléments 42, 45 et 47 [1]. Les déterminations de longueurs d'onde ont été faites par interpolation linéaire entre $\beta_1$ et $\beta_2$ d'après les valeurs figurant dans le traité de M. Siegbahn (2e édition). Les nombres en caractères gras sont entièrement originaux. Quant aux autres il y a lieu d'en rechercher les correspondants soit dans nos publications antérieures [2], soit dans celles de Ross [3] ou de Carlsson [4]. Nous avons désigné arbitrairement par $\beta_8$ et $\beta_9$ deux nouvelles raies d'étincelle situées entre $\beta_2$ et $\beta_5$, que nous avons mesurées pour la première fois; il y aurait lieu de les rechercher pour d'autres éléments. Nous avons conservé la dénomination $\beta_0$ pour une raie très faible dont nous avons décelé l'existence dans une précédente étude du molybdène et du rhodium et dont nous donnons ici la longueur d'onde en outre pour l'argent. $\beta_6$, étudiée par Carlsson pour d'autres éléments, a été observée et mesurée ici dans l'émission du rhodium et de l'argent.

La raie $\beta_8$ est large et présente peut-être une structure. Sur les poses longues $\beta_4$ ($KN_{IV-V}$) s'élargit et son centre de gravité se déplace vers les courtes ondes, ce qui semble indiquer des émissions auxquelles participeraient des niveaux plus extérieurs; ceci pourrait expliquer les petits écarts entre les différentes déterminations de la longueur d'onde de cette raie, dont l'intensité relative est cependant assez forte pour ces éléments.

L'observation de toutes ces raies faibles, dans un certain ordre de réflexion, est grandement facilitée grâce à la filtration du rayonnement X incident à l'aide d'absorbants convenables qui réduisent la proportion relative de fond continu, dû à d'autres ordres de réflexion, qui se superpose au spectre à étudier. Remarquons que les raies de fluorescence des écrans absorbants ont paru sur nos clichés même après des poses courtes, ce qui suggère une

(1) Voir dans les publications (2) les détails d'expérience.

(2) H. Hulubei et Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1294; H. Hulubei, *Thèse de Doctorat*, Paris 1933.

(3) Ross, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 536 et 748.

(4) Carlsson, *Zs. f. Phys.*, 80, 1933, p. 604; 84, 1933, p. 119.

technique, parfois avantageuse, d'analyse des spectres de fluorescence à l'aide des spectrographes à focalisation.

| | Éléments. | | |
|---|---|---|---|
| | Mo. | Rh. | Ag. |
| | *Raie* $\beta_0$. | | |
| $\lambda$ en U. X. | 635,62 | 548,16 | 499,7 |
| $\nu/R$ | 1433,67 | 1662,41 | 1823,37 |
| | *Raie* $\beta_4$. | | |
| $\lambda$ en U. X. | 618,64 | 532,94 | 484,90 |
| $\nu/R$ | 1473,02 | 1709,89 | 1879,29 |
| | *Raie* $\beta_5$. | | |
| $\lambda$ en U. X. | 625,67 | 540,02 | 492,13 |
| $\nu/R$ | 1456,47 | 1687,47 | 1851,68 |
| | *Raie* $\beta_6$. | | |
| $\lambda$ en U. X. | 627,54 | 541,56 | 493,25 |
| $\nu/R$ | 1452,13 | 1682,67 | 1847,48 |
| | *Raie* $\beta_7$. | | |
| $\lambda$ en U. X. | 628,99 | 542,83 | 494,36 |
| $\nu/R$ | 1448,78 | 1678,73 | 1843,33 |
| | *Raie* $\beta_8$ (*). | | |
| $\lambda$ en U. X. | 622,25 | 536,29 | 489,24 |
| $\nu/R$ | 1464,47 | 1699,21 | 1862,62 |
| | *Raie* $\beta_9$ (*). | | |
| $\lambda$ en U. X. | 624,34 | 538,78 | 490,94 |
| $\nu/R$ | 1459,57 | 1691,35 | 1856,17 |

OPTIQUE. — *Sur l'absorption de l'oxygène liquide étudiée sous grande épaisseur.* Note de M. R. GUILLIEN, transmise par M. A. Cotton.

Les spectres d'absorption de l'oxygène solide, liquide ou gazeux sous forte pression ont de grandes analogies. Ils présentent, de l'infrarouge à l'ultraviolet, de nombreuses bandes qui ont été signalées en 1888 par Olszewski [1], dans l'oxygène liquide et par Egoroff et Janssen dans l'oxy-

[1] *Ann. der Phys. und Chemie*, **33**, 1888, p. 570.

gène comprimé ([1]). Des travaux récents sur l'oxygène liquide ([2]) ont conduit à des interprétations et des groupements différents pour les diverses bandes. Nous avons étudié le spectre d'absorption de l'oxygène liquide entre 3500 et 8400 angströms par photographie. Pour obtenir plus de précision dans la position du maximum d'absorption des bandes, nous avons étudié les clichés au microphotomètre enregistreur et nous avons, pour les bandes peu intenses, utilisé des épaisseurs d'oxygène liquide atteignant $109^{cm}$.

Au cours de ces recherches nous avons trouvé une nouvelle bande peu intense s'étendant avec $100^{cm}$ d'oxygène liquide entre 7295 et 7320 Å environ avec un maximum à 7307 Å. Nous n'avons pu même avec une telle épaisseur voir la bande 4620 Å signalée par Mac Lennan avec $32^{cm}$ d'oxygène. Tout au plus le microphotomètre indiquerait une bande très douteuse à 4632 Å, les quelques bandes entre 5800 et 5350 signalées comme possibles avec $1^{cm},5$ par Ellis et Kneser n'ont pu être vues ni constatées au microphotomètre pour des épaisseurs allant de $0^{cm},5$ à $109^{cm}$. Leur inexistence paraît ainsi prouvée.

Toutes les bandes observées sous une épaisseur suffisante ont un aspect dissymétrique et l'absorption diminue plus vite du côté des grandes longueurs d'onde, comme cela avait déjà été signalé pour les bandes intenses.

Dans le tableau ci-contre figurent les résultats antérieurs et les nôtres. Les bandes y sont classées suivant les niveaux d'énergie.

Les nombres d'ondes des maxima des bandes sont en progressions arithmétiques de même raison $\Delta\nu = 1417$ cm$^{-1}$ inférieure à 1551, 5 cm$^{-1}$ obtenue par effet Raman ([3]), ils peuvent être représentés ([2]) en première approximation par la formule $m\nu_1 + n\nu_2 + p\Delta\nu$ avec $m = 0, 1, 2$; $n = 0, 1, 2$; $p = 0, 1, 2, 3, 4$; $\nu_1 = 7960$ cm$^{-1}$; $\nu_2 = 13100$ cm$^{-1}$.

La représentation par une formule du type $an^2 + bn + c$ proposée par Mac Lennan ne convient pas, en particulier pour la bande que nous avons trouvée on obtiendrait 7560 angströms au lieu de 7307.

La classification en systèmes se fait en admettant le passage de l'état de repos $^3\Sigma$ aux niveaux $^1\Delta$, $^1\Sigma$, $2.{}_1\Delta$, $2.{}^1\Sigma$ et $^1\Delta + {}^1\Sigma$ le nombre 1417 cm$^{-1}$ correspondant au quantum de vibration de $O^2$. Les bandes du groupe

---

([1]) Janssen, *Comptes rendus*, 101, 1885, p. 650.

([2]) Mac Lennan, Smith, Wilhelm, *Proc. Roy. Soc. of Canada*, 3e série, 24, 1930, p. 65; Ellis et Kneser, *Zeits. für Phys.*, 86, 1933, p. 583.

([3]) Mac Lennan, *Proc. Roy. Canada*, 3e série, 22, 1928, p. 445.

atmosphérique que l'on pourrait prévoir dans $^3\Sigma \rightarrow \Sigma$ pour $p = 2, 3, 4$, se trouveraient masquées par celles de la transformation $^3\Sigma \rightarrow 2^1.\Delta$ parce que l'intervalle entre 6895 Å et 6290 Å est 1395 cm⁻¹ voisin de 1417 cm⁻¹.

Nos mesures plus précises que les précédentes confirment l'interprétation d'Ellis et Kneser et montrent que l'existence des états $^3\Sigma$, $^1\Delta$, $^1\Sigma$, $2.^1\Delta$, $2.^1\Sigma$, $^1\Delta + {}^1\Sigma$ et du terme de vibration $= 1417$ cm⁻¹ suffit à expliquer les bandes déjà décrites et celle que nous avons trouvée.

| λ (mμ). Lennan. | Ellis. | Guillien. | ν (cm⁻¹). | Δν (cm⁻¹). | *m.n.p.* | Niveaux. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| – | 1261 ±2 | – | 7930 ± 15 (1) | 1504 ± 35 | 1.0.0 | $^3\Sigma \rightarrow {}^1\Delta$ |
| 1032 ±5 | 1060 ±2 | – | 9434 ± 20 (1) | 1447 ± 40 | 1 | |
| 920 ±5 | 919 ±2 | – | 10881 ± 20 (1) | 1388 ± 35 | 2 | |
| 825 ±2,5 | – | 815 ±1 | 12269 ± 15 | 1416 ± 21 | 3 | |
| – | – | 730,7 ±0,3 | 13685 ± 6 | | 4 | |
| | | | | | *m.n.p.* | |
| 763 ±2 | 765 ±2 | 763 ±0,5 | 13097 ± 9 | 1406 ± 15 | 0.1.0 | $^3\Sigma \rightarrow {}^1\Sigma$ |
| 689 ±1 | 690 ±2 | 689,5 ±0,3 | 14503 ± 6 | | 1 | |
| | | | | | *m.n.p.* | |
| 626 ±5 | 630 ±1 | 629 ±0,3 | 15898 ± 8 | 1436 ± 17 | 2.0.0 | $^3\Sigma \rightarrow 2\,{}^1\Delta$ |
| 574 ±4 | 578 ±1 | 576,9 ±0,3 | 17334 ± 9 | 1445 ± 20 | 1 | |
| 533 ±2 | 533,5 ±2 | 532,5 ±0,3 | 18779 ± 11 | 1423 ± 19 | 2 | |
| 495 ±1,5 | – | 495 ±0,2 | 20202 ± 8 | 1386 ± 26 | 3 | |
| 462 ±1 | – | 463,2 ±0,4? | 21588 ± 18 | | 4 | |
| | | | | | *m.n.p.* | |
| 476 ±2 | 477,5 ±1,5 | 477,3 ±0,2 | 20951 ± 9 | 1405 ± 19 | 1.1.0 | $^3\Sigma \rightarrow {}^1\Delta + {}^1\Sigma$ |
| 447 ±1 | 447,5 ±1 | 447,2 ±0,2 | 22356 ± 10 | 1396 ± 21 | 1 | |
| 419 ±1 | – | 421 ±0,2 | 23752 ± 11 | 1411 ± 36 | 2 | |
| 392,5 ±5 | – | 397,4 ±0,2 | 25163 ± 25 | | 3 | |
| | | | | | *m.n.p.* | |
| 380,7 ±2 | 381,5 ±5 | 380,8 ±0,2 | 26262 ± 14 | 1423 ± 29 | 0.2.0 | $^3\Sigma \rightarrow 2\,{}^1\Sigma$ |
| 360,7 ±2 | 361,7 ±5 | 361,2 ±0,2 | 27685 ± 15 | 1393 ±145 | 1 | |
| 343,9 ±1,5 | 345,3 ±5 | – | 29078 ±130 (2) | 1326 ±250 | 2 | |
| 328,5 ±1,5 | – | – | 30404 ±120 (2) | | 3 | |

(1) Calculé par les données d'Ellis et Kneser.
(2) Calculé par les données de Mac Lennan.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les propriétés absorbantes du chlorure de chromyle.* Note de M. **Michel Kantzer**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'étude porte sur la région du spectre où la décomposition photochimique n'a pas lieu [1].

La source continue est une lampe à filament de tungstène, dont la lumière, traversant des filtres convenables, puis la vapeur de chlorure enfermée dans une cuve de verre soudé, est analysée par un spectrographe à réseau concave de $1^m$ de rayon.

Le spectre d'obsorption se compose de raies larges dont quelques-unes présentent une structure fine certaine, mais encore mal déterminée. Une absorption générale, d'origine non fixée, s'étend sur tout le spectre.

J'ai retrouvé les raies connues jusqu'à 5428 Å, et déterminé ensuite les maxima principaux d'absorption jusqu'à 5016 Å.

L'étude des variations du spectre avec la température, dans le domaine de stabilité de la vapeur (jusqu'à 270°) classe les raies en trois catégories, (*a*, *b*, *c* sur le tableau) :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5894 (*a*) | 5882 (*c*) | 5873 (*b*) | 5865 (*b*) | 5855 (*c*) | 5846 (*a*) |
| 5837 (*c*) | 5827 (*b*) | 5819 (*b*) | 5809 (*c*) | 5800 (*a*) | 5791 (*c*) |
| 5782 (*b*) | 5772 (*b*) | 5764 (*c*) | 5754 (*a*) | 5746 (*c*) | 5736 (*b*) |
| 5728 (*b*) | 5720 (*c*) | 5710 (*a*) | 5702 (*c*) | 5692 (*b*) | 5684 (*b*) |
| 5675 (*c*) | 5666 (*a*) | 5658 (*c*) | 5648 (*b*) | 5640 (*b*) | 5633 (*c*) |
| 5623 (*a*) | 5616 (*c*) | 5607 (*b*) | 5598 (*b*) | 5591 (*c*) | 5582 (*a*) |
| 5574 (*a*) | 5567 (*b*) | 5560 (*b*) | 5555 (*c*) | 5541 (*a*) | 5532 (*c*) |
| 5524 (*b*) | 5518 (*b*) | – | 5500 (*a*) | 5491 (*c*) | 5484 (*b*) |
| 5476 (*b*) | 5468 (*c*) | 5460 (*a*) | 5452 (*c*) | 5444 (*b*) | 5435 (*b*) |
| 5428 (*c*) | 5420 (*a*) | 5412 (*c*) | 5404 (*b*) | 5397 (*b*) | 5388 (*c*) |
| 5382 (*a*) | 5374 (*c*) | 5365 (*b*) | 5358 (*b*) | 5350 (*c*) | 5342 (*a*) |
| 5336 (*c*) | 5326 (*b*) | 5319 (*b*) | 5310 (*c*) | – | 5296 (*c*) |
| 5288 (*b*) | 5282 (*b*) | 5273 (*c*) | 5264 (*a*) | 5259 (*c*) | 5250 (*b*) |
| – | 5235 (*c*) | 5229 (*a*) | 5223 (*c*) | 5212 (*b*) | 5203 (*b*) |
| 5196 (*c*) | 5190,7 (*a*) | 5182 (*c*) | 5180 (*b*) | 5171 (*b*) | – |
| 5156 (*a*) | 5149 (*c*) | 5143 (*b*) | 5133 (*b*) | – | 5122 (*a*) |
| – | 5112 (*b*) | 5100 (*b*) | – | 5090 (*c*) | 5085 (*a*) |
| – | 5079 (*b*) | – | 5070 (*b*) | 5057 (*c*) | 5050,5 (*a*) |
| 5043 (*c*) | 5034 (*b*) | 5028 (*b*) | – | 5016 (*a*) | – |

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1882.

La série *a* est bien représentée par une formule empirique du type de Deslandres.

La série *a* est pratiquement indépendante de la température. L'intensité des séries *b* et *c* augmente, et plus rapidement pour la dernière. Les positions des raies ne sont pas modifiées. A 270° les clichés donnent l'impression d'un spectre continu. Il ne s'agit pas d'une dissociation irréversible puisqu'on retrouve le spectre de raies par refroidissement.

J'ai étudié l'influence de la pression sur le spectre : elle paraît nulle pour la série *a*.

J'ai supposé que la série *a* représente l'état normal de la molécule de chlorure de chromyle. En outre cette molécule pourrait avoir comme état initial en absorption deux niveaux énergétiques différents, représentés par les séries *b* et *c*.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Diffusion moléculaire de la lumière dans les liquides : les fluctuations d'orientation des molécules homopolaires et hétéropolaires.* Note de M. **A. Rousset**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Si l'on analyse la lumière diffusée par un liquide, on trouve de part et d'autre de la raie excitatrice un fond continu, dépolarisé, s'étendant sur quelques dizaines d'Å. Par analogie avec les spectres de rotation observés dans la diffusion de la lumière par les gaz, cet étalement d'une partie de la diffusion anisotrope a été attribué à la rotation des molécules du liquide. En réalité, l'intensité du fond continu pour les liquides à molécules homopolaires (benzène, sulfure de carbone) est en bon accord avec la théorie des raies Raman de rotation ([1]), mais, *pour les liquides à molécules hétéropolaires (acide acétique, anhydre sulfureux liquide, nitrobenzène), nous avons toujours observé un fond continu beaucoup plus faible.* En particulier on est frappé par la disparition presque complète du fond continu quand on passe du spectre de diffusion du benzène à celui du nitrobenzène, beaucoup plus anisotrope que le benzène mais fortement hétéropolaire.

II. Les anneaux, obtenus par diffraction des rayons X dans les liquides, révèlent une orientation mutuelle des molécules de forme anisotrope, ces arrangements devenant beaucoup plus nets si les molécules possèdent des moments électriques permanents ([2]). Les molécules homopolaires seraient

([1]) A. Rousset, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1033.

([2]) G. W. Stewart, *Review of modern Physics*, 2, 1930, p. 116.

encore soumises à un *mouvement brownien de rotation*, l'énergie potentielle due aux seules attractions moléculaires restant faible devant la valeur $RT/2N$ de l'énergie correspondant à un degré de liberté (R, constante des gaz parfaits; T, température absolue; N, nombre d'Avogadro). Dans les liquides hétéropolaires, les molécules exécuteraient des *oscillations de faible amplitude* de part et d'autre d'orientations correspondant à des valeurs minima de l'énergie potentielle pour l'ensemble des doublets portés par les molécules voisines.

Prenons une molécule dont l'ellipsoïde des réfractivités est de révolution et supposons-la animée d'un mouvement d'oscillation de faible amplitude autour d'un axe situé dans le plan équatorial de cet ellipsoïde. La position de l'axe de révolution de l'ellipsoïde est définie à chaque instant par l'angle $\alpha = \alpha \sin kt$ compté à partir de la position d'équilibre; $\alpha_0$, et par suite $\alpha$, seront toujours des angles petits. Si nous l'éclairons par la vibration rectiligne $Z_0 \sin \omega t$, nous trouverons dans le spectre de la diffusion anisotrope, observée à 90° du plan de vibration du faisceau incident : d'abord, la raie non changée de longueur d'onde avec une intensité *égale* à celle que l'on calculerait pour une molécule immobile; ensuite, deux raies de pulsations $\omega \pm k$, dépolarisées ($\rho = 3/4$), et d'intensités proportionnelles à $\alpha_0^2 (g - g')^2$ ($g$ et $g'$ étant les réfractivités principales de la molécule). *On voit donc que l'intensité du fond continu, qui s'ajoute à la diffusion Rayleigh, dépend non seulement de l'anisotropie, mais encore de l'amplitude des oscillations.* Si l'on affecte à chacune de ces oscillations une énergie constante et égale à $RT/2N$, on en déduit que la présence de forts moments permanents conduit à de faibles valeurs pour $\alpha_0$ et par suite à de faibles valeurs pour l'intensité du fond continu.

III. Nous avons enfin signalé [1] que dans les liquides homopolaires, la vibration $i$ dans la branche Q est en réalité un spectre continu s'étendant sur quelques dixièmes d'Å : les liquides hétéropolaires donnent au contraire pour la vibration $i$ une raie aussi fine que pour la vibration I. Dans les liquides homopolaires, les attractions moléculaires qui s'exercent sur une molécule de forme anisotrope et tendent à l'orienter auraient une résultante trop faible pour empêcher les rotations; on peut cependant admettre qu'elles sont suffisamment intenses pour supprimer la dégénérescence des niveaux énergétiques correspondant à chacune des fréquences de rotation, ou encore à chacune des valeurs du quantum total J. La multiplicité des

(1) *Loc. cit.*

niveaux énergétiques entraîne un étalement des fréquences correspondant à une même transition pour J. *On doit donc trouver un spectre continu peu étendu, non seulement pour chacune des raies des branches* P *et* R ($\Delta J = \pm 2$), *mais encore pour la branche* Q ($\Delta J = 0$). La disparition de la structure fine dans les spectres de rotation des liquides avait été attribuée jusqu'ici au fait que la fréquence des chocs moléculaires y est en général plus grande que les fréquences de rotation; on devait donc obtenir cette disparition dans les gaz suffisamment comprimés. Or Trumpy [1] a trouvé pour le spectre de rotation de l'oxygène comprimé à 60 atmosphères une structure fine, contrairement à la théorie et aux résultats expérimentaux de Bhagavantam [2]. Dans notre hypothèse, la liquéfaction seule pourrait augmenter suffisamment les attractions moléculaires pour provoquer l'étalement des fréquences Raman de rotation en un spectre continu.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rôle de l'âge et de la teneur en polonium des solutions dans les expériences de centrifugation.* Note de M^lle **C. Chamié** et M. **M. Haïssinsky**, présentée par M. G. Urbain.

L'étude de la précipitation des radioéléments en solution par centrifugation sans entraîneurs ayant fait l'objet d'une série de travaux [3], il était important d'étudier l'influence de deux facteurs essentiels : la teneur en radioélément et l'âge de la solution, sur les résultats de la centrifugation. Nous avons étudié ces questions sur des solutions nitriques de polonium.

*Technique des expériences.* — Le polonium a été purifié par électrolyse entre des électrodes en or chimiquement pur. Le dépôt a été dissous dans l'acide nitrique distillé, porté à sec dans un creuset de quartz et repris avec l'acide de titre voulu, préparé à partir de l'acide nitrique distillé et de l'eau bidistillée et centrifugé au préalable pendant une heure. La centrifugation des solutions titrées de Po s'effectuait pendant une heure dans des tubes de quartz transparents dans une centrifugeuse tournant à 4000 tours par

(1) B. Trumpy, *Zeitschrift für Physik*, 84, 1932, p. 282.
(2) S. Bhagavantam, *Indian Journal of Physics*, 6, 1931, p. 319.
(3) M^lle C. Chamié et M. Guillot, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1187; M. Guillot, *J. Ch. Phys.*, 28, 1931, p. 14; M^lle C. Chamié et A. Korvezee, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1127, et 194, 1932, p. 1488; O. Werner, *Zeit. Phys. Chem.*, 156, 1931, p. 89; M^lle A. Korvezee, *J. Ch. Phys.*, 30, 1933, p. 130; M. Haissinsky, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1448 et 1645; 198, 1934, p. 580; *J. Ch. Phys.*, 19, 1932, p. 453.

minute, et le dosage se faisait d'après la technique déjà décrite dans les travaux précédents. La plupart des expériences a été accompagnée d'expériences de contrôle dans lesquelles on préparait des tubes identiques à ceux qu'on centrifugeait, et l'on déterminait la quantité de Po déposée, sans centrifugation, sur leurs parois, par l'effet de la diffusion du Po et son adsorption par le quartz.

*Rôle de l'âge de la solution.* — Trois tubes préparés en même temps, de manière identique, étaient soumis à la centrifugation, le premier tube immédiatement après la préparation, le deuxième après être resté au repos pendant une semaine, et le troisième 45 jours plus tard. Les expériences faites avec des acides faibles (de l'ordre de $10^{-5}$ N) ont montré que la quantité de Po centrifugée augmente fortement avec l'âge de la solution. Ainsi, par exemple, avec 0,36 U.E.S. (¹) de Po, on a trouvé pour le premier tube 35 pour 100 de Po centrifugé, pour le deuxième tube 48 pour 100 et pour le troisième tube 71 pour 100. L'âge de la solution produit la même influence sur la quantité de Po déposée sur les parois des tubes de quartz non centrifugés, mais l'ordre de grandeur du Po déposé est considérablement plus faible.

*Effet de la teneur en* Po *des solutions.* — Nos expériences ont montré que cet effet varie avec l'acidité de la solution. Le tableau suivant résume ces résultats.

| | Acidité $5.10^{-2}$ N. | | | | Acidité $8.10^{-4}$ N. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teneur en U.E.S. de Po. | 0,68 | 3,85 | 67 | 585 | 0,069 | 0,20 | 4,90 | 53,7 |
| % de Po centrifugé...... | 37 | 19,4 | 6,0 | 3,3 | 53,5 | 32,5 | 15,9 | 9,1 |

| | Acidité $10^{-5}$ N environ (²). | | | | Eau bidistillée. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teneur en U.E.S. de Po. | 0,05 | 0,359 | 23,9 | 35,8 | 0,317 | 4,6 | 83,3 | 119 |
| % de Po centrifugé...... | 36,8 | 35 | 84,3 | 91 | 26,7 | 25 | 15,8 | 48,7 |

| | Acidité $2,4.10^{-6}$ N. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Teneur en U.E.S. de Po. | 0,728 | 1,062 | 11,85 | 14,26 | 68,7 | 196,7 |
| % de Po centrifugé...... | 46,9 | 46,2 | 24 | 32,5 | 41 | 75,6 |

Ces nombres montrent que pour des acidités relativement fortes, le pourcentage de Po centrifugé diminue régulièrement quand la concentration en Po augmente. Il devient, pour les fortes concentrations, comparable au

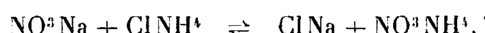
(¹) On sait qu'une U.E.S. de Po est égale $1,69 \times 10^{-10}$ g.

(²) Il est probable que l'acidité de cette solution est plus faible encore à cause d'un séjour dans un récipient en verre.

pourcentage de Po déposé pendant une heure sur les parois des tubes non centrifugés. Dans les solutions voisines de la neutralité, le pourcentage de Po centrifugé augmente avec la teneur de Po après avoir passé par un minimum plus ou moins marqué.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la double décomposition entre le nitrate d'ammonium et le chlorure de sodium en présence ou non d'ammoniac.* Note de MM. **L. Hackspill**, **A.-P. Rollet** et **Lauffenburger**, présentée par M. H. Le Chatelier.

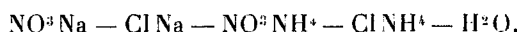
Le système quaternaire en solution dans l'eau :



$$NO^3Na + ClNH^4 \rightleftharpoons ClNa + NO^3NH^4,$$

a été étudié par H. Le Chatelier (1) d'après les mesures de E. Rengade (2).

Ce dernier s'était proposé pendant la guerre la conversion du nitrate du Chili en nitrate d'ammonium. Pressé par le temps il s'excuse, dans son Mémoire, de n'avoir recherché qu'une précision industrielle. Nous avons construit une isotherme à 20°C. du système quaternaire

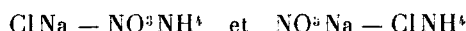


$$NO^3Na - ClNa - NO^3NH^4 - ClNH^4 - H^2O.$$

Le mode de représentation adopté est celui de Löwenherz (3) qui, dans le cas particulier qui nous intéresse, nous a paru plus expressif que le diagramme carré.

La figure de gauche représente en traits pleins la projection de la pyramide initiale sur un plan horizontal.

Les arêtes des dièdres se projettent suivant les axes perpendiculaires



$$ClNa - NO^3NH^4 \quad \text{et} \quad NO^3Na - ClNH^4$$

sur lesquels les concentrations des sels sont portées en molécules-grammes par 1000g d'eau.

Le point A représente la solution saturée de trois sels $NO^3Na$-$ClNa$-$ClNH^4$; le point B, la solution saturée de $NO^3Na - NO^3NH^4 - ClNH^4$.

---

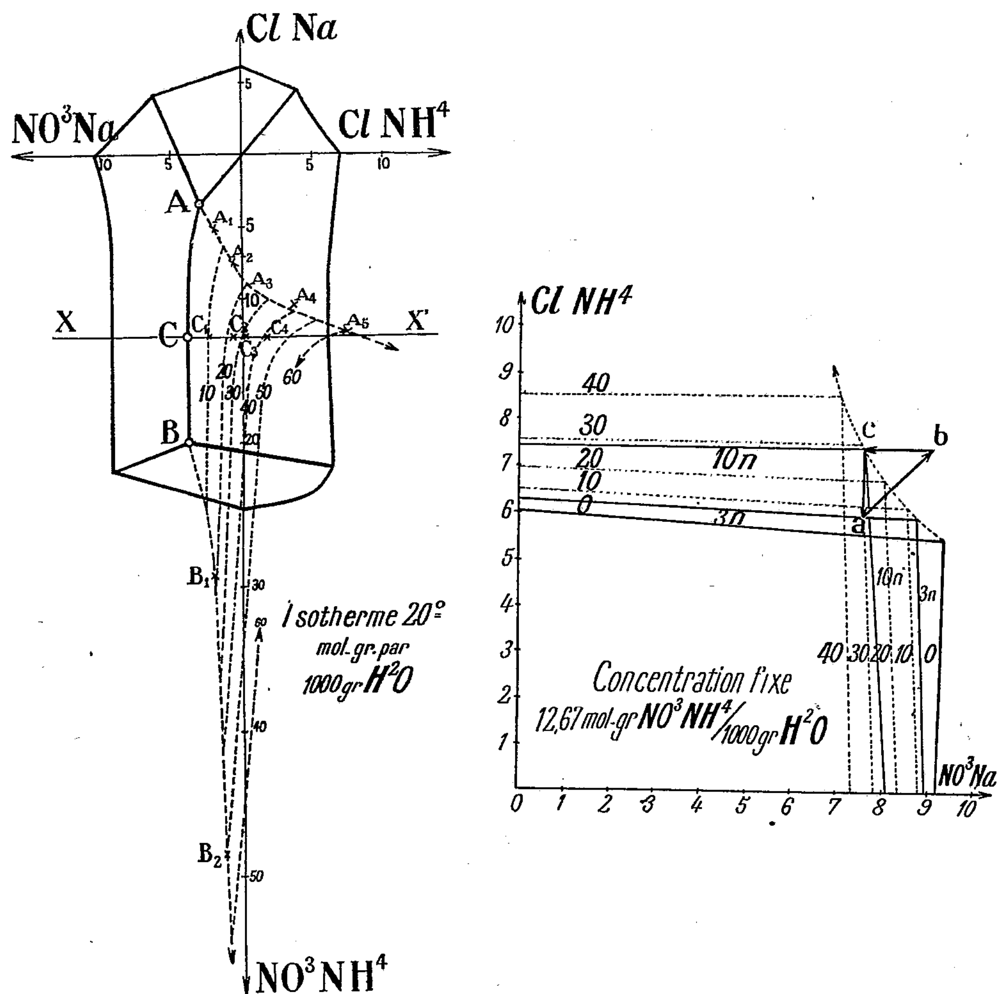
(1) Le Chatelier, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 345.

(2) Rengade, *Chimie et Industrie*, 7, 1922, p. 835 et 1090.

(3) Pascal, *Traité de Chimie minérale*, I, p. 32.

La figure de droite représente une coupe de la pyramide de Löwenherz par un plan vertical passant par XX'.

Les points C représentent les solutions saturées de $NO^3Na - ClNH^4$, les abscisses les solutions saturées de $NO^3Na$, les ordonnées celles de $ClNH^4$,




la concentration de $NO^3NH^4$ étant fixe dans les trois cas et égale à 12,67 mol-g pour 1000$^g$ d'eau, etc.

L'addition d'ammoniac a pour effet d'augmenter notablement la solubilité du nitrate et du chlorure d'ammonium.

Sur la projection horizontale, les points A et B se déplacent avec la

concentration en $NH^3$ (pouvant atteindre $12^{mol}$ par litre) suivant $A_1, \ldots, A_5$ et $B_1, \ldots, B_2$. Le déplacement de A, C, B est indiqué en pointillé (les chiffres indiquent la concentration en mol-g $NH^3$ pour $100^g$ d'eau).

De ces données résulte la possibilité d'obtenir alternativement la cristallisation du nitrate de sodium pur en présence d'un excès d'ammoniac (10 à 12 N) et celle du chlorure d'ammonium lorsque le gaz ammoniac est éliminé au moins partiellement par le vide ou par élévation de température. La composition des eaux mères restera constante à la condition d'opérer les deux précipitations à la même température, par exemple 20° C.

L'addition simultanée de 2 mol-g de chlorure de sodium et de nitrate d'ammonium donnera naissance à la cristallisation séparée de *deux molécules* de nitrate de sodium et de deux molécules de chlorure d'ammonium, la teneur en ammoniac ayant été ramenée dans le même temps de 12 à 3 mol-g pour $1000^g$ d'eau. On peut également obtenir du nitrate de potassium en remplaçant le sel marin par le chlorure de potassium. La sylvinite fournit un nitrate mixte.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'expression de la déliquescence et de l'efflorescence.* Note de M. A. **Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Si la déliquescence et l'efflorescence sont des phénomènes théoriquement bien étudiés, l'expression de ces propriétés pour les corps qui les présentent manque de précision. Il est cependant utile de définir avec rigueur les conditions de stabilité au contact de l'air de substances comme les sels, anhydres ou hydratés, dont la composition peut changer soit par perte, soit par absorption d'eau.

*Sels non hydratés.* — Dans le cas des sels non hydratés, on ne peut envisager que la déliquescence. Si l'on trace la courbe des tensions de vapeur $p$ des solutions saturées et si l'on appelle P la tension saturante de la vapeur d'eau à une température donnée, on observe en général que, dans le domaine restreint des températures courantes, le rapport $p/P$ est indépendant de la température, ou peu sensible à ses variations. On peut le choisir comme caractéristique, et lui donner une valeur rigoureuse en indiquant la température à laquelle il se rapporte, ou seulement une valeur approchée entre certaines limites, pour l'étendue d'un certain domaine de l'échelle thermométrique.

Si l'on appelle, par convention, H$c$, ou *état hygrométrique critique*, la

valeur de $(p \times 100)/P$, à 15°C. température moyenne des déterminations courantes de laboratoire, cette valeur est constante pour un sel déterminé. Pratiquement, elle équivaut au rapport $(p^{mm} \times 100)/12,699$, 12,699 représentant la tension de vapeur d'eau saturante à 15°C. d'après les mesures de Regnault.

En plaçant au voisinage d'une masse de sel exposée à l'air un hygromètre enregistreur, on peut tracer sur la feuille à diagramme un trait correspondant à l'état hygrométrique critique pour le sel en expérience. Celui-ci prend de l'eau si la pointe de l'aiguille marque une valeur supérieure au trait de repère. Inversement, la solution saturée du sel se déshydrate si l'indication de l'appareil est placée au-dessous du repère.

Dans le cas où les variations de température ont une influence appréciable sur l'état hygrométrique critique, on définit une région de la feuille à diagramme entre les limites des observations, par exemple entre 5° et 25° C.

*Sels hydratés.* — Pour les sels hydratés, il faut distinguer un *état hygrométrique critique minimum* $H_c$min., en dessous duquel le sel se déshydrate et est efflorescent, et d'autre part un *état hygrométrique critique maximum* $H_c$max., au-dessus duquel il se montre déliquescent.

La valeur $H_c$min. représente le rapport $(p' \times 100)/P$ ($p'$ est la tension de dissociation du sel à 15° C.), la valeur $H_c$max., le rapport $(p \times 100)/P$ ($p$ est la tension de sa solution saturée à la même température).

Entre ces deux états critiques, est limitée une région de la feuille à diagramme correspondant à la stabilité parfaite du sel.

Afin d'utiliser pratiquement ces données, nous avons relevé les degrés hygrométriques de l'air, déterminés par les nombreuses stations de l'Office National météorologique; nous avons noté les minima et les maxima de chaque mois, et tracé les courbes de variation de ces minima et de ces maxima en fonction du temps. Nous constatons ainsi, pour la période de 1930 à 1933, que pour 12 stations placées dans le périmètre Valenciennes, Rennes, Bordeaux, Toulouse, Marignane (Marseille), Montélimar, Lyon, Dijon, Strasbourg, les graphiques présentent des évolutions comparables, même pour des stations très éloignées les unes des autres et soumises à des conditions géographiques et météorologiques absolument différentes.

Pour cet ensemble d'observations, les plus faibles valeurs sur la courbe des minima sont toujours notées entre mars et août, les plus élevées entre novembre et février. Le minimum absolu sur un intervalle de 4 années a été : 22 (Le Bourget), 20 (Valenciennes), 18 (Bordeaux), 17 (Toulouse),

14 (Marignane), 20 (Montélimar), 19 (Lyon), 16 (Dijon), 23 (Strasbourg). Dans les mois d'hiver, entre novembre et janvier-février, les minima sont rarement inférieurs à 45 et ne sont jamais supérieurs à 70. Entre février-mars et octobre-novembre, les minima n'atteignent qu'exceptionnellement 50 et les valeurs inférieures à 20° sont très rares.

Ces variations montrent que l'on peut conclure, pour la région définie plus haut, que l'efflorescence des sels est très variable selon les saisons. Ainsi le carbonate de sodium $CO^3Na^2, 10H^2O$ (Hc min. : 54,3) n'est pratiquement pas efflorescent dans les mois d'hiver. Il l'est fréquemment en autre temps.

En dehors de cette région, on note des particularités à Brest, où le minimum n'est jamais inférieur à 35 et est le plus généralement voisin de 50. Le carbonate de sodium n'y est que très rarement efflorescent. A Perpignan (minimum annuel voisin de 20, minimum mensuel toujours inférieur à 44, exceptionnellement abaissé à 9 en 1933), le même sel est assez fréquemment en état d'efflorescence.

Quant aux maxima mensuels, ils atteignent presque toujours la valeur 100 (exception pour Toulouse). Cette valeur n'a été notée en 4 ans qu'une fois à Perpignan et 2 fois à Montélimar. Pour l'ensemble des 12 stations mentionnées, le maximum mensuel ne s'est jamais montré inférieur à 83 et, le plus souvent, il ne s'abaisse pas en dessous de 90.

Par conséquent, des sels tels que le chlorure de sodium (Hc = 77,0), le sulfate d'ammonium (Hc = 81,4), sont fréquemment en état de déliquescence dans toutes les régions de France.

CHIMIE PHISIQUE. — *Isomérie* cis-trans *et isomérie synionique dans le cas des dérivés crotyliques*. Note de M[lle] **Blanche Gredy** et M. **Léon Piaux**, présentée par M. Delépine.

L'action de l'acide bromhydrique ou du tribromure de phosphore sur le méthylvinylcarbinol (butène-1 ol-3) $CH^2 = CH - CHOH - CH^3$ conduit, comme l'ont montré divers auteurs, à la formation du composé $CH^3 - CH = CH - CH^2Br$, ester bromhydrique de l'alcool crotylique de Charon. Il est assez difficile de savoir si la transposition est totale ou seulement partielle; en effet Prévost (¹) a montré que la saponification

(¹) Prévost, *Thèse*, Paris, 1928.

du bromure, par exemple, est anormale et conduit à un mélange de 60 pour 100 d'alcool secondaire et 40 pour 100 d'alcool primaire. On ne peut donc se baser avec certitude sur les résultats de Lépingle [1], cet auteur ayant fait appel à une réaction supplémentaire, à savoir l'action du bromure sur l'alcool éthylique, avec formation d'éthers oxydes, pour affirmer la présence des trois bromures possibles (bromo-1 butènes-2 isomères, *cis* et *trans*, et bromo-3 butène-1).

Nous avons constaté nous-mêmes que la transformation du bromure en acétate, par action de l'acétate de sodium en milieu acétique, conduit de même à un mélange en proportions presque égales d'acétate de crotyle et d'acétate du méthylvinylcarbinol.

D'autre part, il ne semble pas qu'on ait résolu complètement jusqu'ici e problème de l'isomérie *cis-trans* dans le cas de l'aldéhyde crotonique et de l'alcool crotylique; on admet, en général, que l'on a obtenu seulement les isomères *trans* de ces deux corps.

L'étude de l'effet Raman de ces divers composés nous a permis d'obtenir des renseignements plus précis sur toutes ces questions.

L'examen du spectre Raman du bromure de crotyle avait déjà montré à Bourguel et Piaux [2] la présence des trois bromures possibles dans l'halogénure préparé par action de $PBr^3$ sur le méthylvinylcarbinol, selon les indications de Prévost [3]. L'attribution des fréquences observées aux trois isomères n'avait pu être affirmée dès ce moment. C'est en combinant les résultats de l'étude des carbures éthyléniques cis-trans [4], et la règle donnée par Bourguel pour l'action des diverses substitutions (notamment celle du brome) sur les fréquences éthyléniques [5], avec l'examen des spectres Raman de l'alcool de Charon et du méthylvinylcarbinol, que nous avons résolu le problème.

Les résultats essentiels de notre étude sont les suivants :

1° L'aldéhyde crotonique paraît renfermer, à côté du constituant principal trans, une très faible proportion (moins de 1 pour 100) de l'isomère cis;

2° L'alcool crotylique de Charon contient également un peu d'isomère cis, à côté d'une proportion prépondérante de l'isomère trans;

---

(1) *Bull. Soc. chimique*, 39, 1926, p. 864.
(2) *Bull. Soc. chimique*, 51, 1932, p. 1045.
(3) *Loc. cit.*
(4) Bourguel, Gredy et Piaux, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 129.
(5) Bourguel, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1736.

3° Estérifié par l'anhydride acétique, cet alcool fournit uniquement le mélange des acétates de crotyle cis et trans (proportions voisines de celles de l'alcool);

4° De même, le méthylvinylcarbinol donne un acétate complètement exempt d'acétate de crotyle (cf. Prévost);

5° L'action de $PBr^3$ sur le méthylvinylcarbinol et celle de BrH sur l'alcool de Charon, donnent le même *mélange des trois bromures possibles*, les spectres obtenus dans les deux cas sont *absolument identiques;* le mélange contient beaucoup (80 pour 100 au moins) de bromure de crotyle trans et peu (10 pour 100 au plus) de chacun des deux autres constituants;

6° Par action du mélange des bromures sur l'acétate de sodium en milieu acétique, on obtient à peu près autant d'acétate secondaire que d'acétate de crotyle, celui-ci paraissant renfermer notablement plus du constituant *cis* que l'acétate de Charon.

Voici les fréquences caractéristiques observées :

| | C = C *trans*. | C = C *cis*. | C = O. | $C = CH^2$. |
|---|---|---|---|---|
| Ald. crotonique | 1625 | 1642 | 1690 | – |
| Alc. crotylique | 1658 | 1677 | – | – |
| Acétate de crotyle | 1665 | 1679 | 1742 | – |
| Bromures primaires | 1651 | 1666 | – | – |
| Méthylvinylcarbinol | – | – | – | 1648 |
| Acétate du méthylvinylcarbinol | – | – | 1738 | 1648 |
| Bromure secondaire | – | – | – | 1638 |

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques composés organiques de vanadyle.* Note de M. P. **Brauman**, présentée par M. G. Urbain.

*Vanadylsalicylate de méthyle.* — Doak et Packer ([1]) ont préparé le cuprisalicylate de méthyle $Cu(OC^6H^4CO^2CH^3)^2$ anhydre en dissolvant l'éthoxycuprisalicylate de méthyle dans l'acétone et ajoutant la quantité théorique de salicylate de méthyle. On ne peut opérer ainsi dans le cas du vanadyle, mais il est possible d'obtenir le vanadylsalicylate de méthyle par action, sur l'éthoxyvanadylsalicylate de méthyle $C^2H^5O(VO)OC^6H^4CO^2CH^3$ ([2]), d'un excès de salicylate de méthyle fraîchement distillé.

([1]) Doak et Packer, *Journal of the Chemical Society*, 1928, p. 2763.
([2]) P. Brauman, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 166.

On fait bouillir le mélange pendant 10 minutes dans une atmosphère d'azote en atteignant 200-210°C.; on précipite par un excès d'éther anhydre en ayant soin d'ajouter une petite quantité de benzène pour éliminer une impureté de coloration brune soluble dans ce solvant. On obtient de petites aiguilles vert amande qui sont lavées à l'éther anhydre et séchées dans le vide. D'après l'analyse, on peut leur attribuer la formule $VO(OC^6H^4CO^2CH^3)^2$.

Calculé pour 100 : C, 52,03; H, 3,79; V, 13,82. Trouvé : C, 51,85; H, 3,87; V, 13,62.

A température plus élevée, ou si l'on chauffe plus longtemps, le produit se décompose partiellement. A température trop basse, ou pour un temps de chauffage trop court, on obtient soit l'éthoxyvanadylsalicylate initial, qui recristallise de la solution, soit des substances à teneur en vanadium variables, mais relativement élevées, ce qui conduit à penser qu'il se forme intermédiairement un ou plusieurs composés, peut-être analogues au complexe de cuivre $CH^3CO^2C^6H^4OCuOCuOC^6H^4CO^2CH^3$ signalé par Doak et Packer (*loc. cit.*).

Le vanadylsalicylate de méthyle est soluble en brun violacé dans les salicylates d'alcoyles, le phénol, les alcools supérieurs; insoluble ou peu soluble dans l'éther, $CCl^4$, l'éther de pétrole; légèrement soluble dans $C^6H^6$, insoluble dans l'eau qui l'hydrolyse peu à peu; il se décompose au contact de l'acétone anhydre. L'alcool éthylique le transforme en éthoxyvanadylsalicylate de méthyle, sans qu'on puisse obtenir l'éthylate de vanadyle, même avec un gros excès d'alcool.

*Phénoxyvanadylsalicylate de méthyle.* — Si l'on fait bouillir pendant 5 minutes dans une atmosphère d'azote, sans dépasser 190°, une solution d'éthoxyvanadylsalicylate de méthyle dans un excès de phénol anhydre, on obtient par précipitation au moyen de l'éther anhydre en présence de petites quantités de benzène, des micro-cristaux bleutés de phénoxyvanadylsalicylate de méthyle $C^6H^5O(VO)OC^6H^4CO^2CH^3$.

Calculé pour 100 : C, 54,02; H, 3,85; V, 16,39. Trouvé : C, 53,72; H, 3,90; V, 16,17.

De même que le corps précédent, celui-ci est insoluble dans l'eau et les solvants organiques autres que les phénols, les alcools supérieurs et les salicylates d'alcoyles; même en employant un grand excès de phénol on n'obtient pas de phénate de vanadyle.

*Alcoolo-hydrate du vanadylsalicylate d'ammonium.* — Si l'on fait agir une solution de salicylate d'ammonium dans de l'alcool à 98° sur de l'éthoxyvanadylsalicylate de méthyle, on obtient, après lavage du précipité à l'alcool puis à l'éther et séchage dans le vide, une masse feutrée d'aiguilles bleu pâle de $VO(OC^6H^4CO^2NH^4)^2, 2H^2O, C^2H^5OH$, correspondant à

l'hydrate à $3H^2O$ de Barbieri, où une molécule d'eau est remplacée par une molécule d'alcool. Quelles que soient les proportions des réactifs en présence on n'obtient pas d'éthoxyvanadylsalicylate d'ammonium.

Calculé pour 100 : V, 11,16; trouvé, 11,12.

A l'air humide, cette substance se transforme peu à peu en l'hydrate correspondant.

*Salicylate de vanadyle.* — Si l'on chaufle une solution d'éthoxyvanadylsalicylate de méthyle dans le salicylate de méthyle ou l'alcool isoamylique avec de l'acide salicylique, on obtient un précipité jaune verdâtre qui est lavé à l'éther anhydre et séché dans le vide. C'est du salicylate de vanadyle anhydre $(C^6H^4OHCO^2)^2VO$. Calculé pour 100 : V, 14,95; trouvé : 14,66.

Ce corps est très lentement soluble dans l'eau, insoluble dans les solvants organiques autres que les salicylates d'alcoyles. Si on le traite peu à peu avec de l'ammoniaque diluée, on obtient du vanadylsalicylate d'ammonium.

*Benzoate de vanadyle.* — Si l'on remplace l'acide salicylique par de l'acide benzoïque, on obtient du benzoate anhydre de vanadyle $(C^6H^5CO^2)^2VO$, semblable au corps préparé par voie humide par Grippa [1].

Il semble, d'après ce qui précède, que le radical vanadyle $VO\langle$ forme avec le salicylate de méthyle un groupement — $(VO)OC^6H^4CO^2CH^3$ qui jouit d'une certaine stabilité vis-à-vis de l'alcool et du phénol, mais qui est détruit par acides organiques et le salicylate d'ammonium; ce dernier ne donne pas d'éthoxyvanadylsalicylate d'ammonium. Les salicylates d'alcoyles et les salicylates alcalins paraissent donc se comporter différemment vis-à-vis du vanadyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'acide phosphorique comme agent de condensation : Alcoylation de phénols et de leurs éthers oxydes.* Note de M. **Alexis Tchitchibabine**, présentée par M. Delépine.

L'acide phosphorique trouvait jusqu'ici très peu d'emploi en chimie organique; il est clair pourtant que, une fois le problème du phosphore

---

[1] Grippa, *Annali Chim. Appl.*, 20, 1930, p. 244.

résolu, problème si important pour l'humanité, le prix de revient de l'acide phosphorique devra baisser de telle sorte que cet acide soit même le moins cher de tous les acides minéraux.

Une étude minutieuse des caractéristiques de l'acide phosphorique s'impose comme une tâche urgente, et surtout en rapport avec les matières organiques. Il est donc étonnant que soient si peu nombreux les études et les brevets concernant l'emploi de l'acide phosphorique pour l'obtention des matières organiques. C'est pourquoi l'auteur a effectué des études systématiques dans ce domaine.

Dans la présente Communication sont exposés les premiers résultats des travaux expérimentaux sur la condensation des phénols et de leurs éthers simples en utilisant l'acide phosphorique comme agent de condensation.

Dans des brevets nous trouvons quelques mentions relatives à l'emploi d'acide phosphorique utilisé dans ce but ([1]); souvent l'acide phosphorique n'est que mentionné parmi les autres agents de condensation.

Les principaux résultats de mes investigations peuvent être résumés ainsi qu'il suit :

1° L'acide phosphorique est un agent de condensation excellent pour l'alcoylation des phénols et de leurs éthers simples à l'aide d'alcools secondaires et surtout d'alcools tertiaires;

2° De tous les alcools primaires, seuls les alcools du type de l'alcool benzylique donnent de bons résultats. La réaction ne donne de résultats positifs avec des alcools primaires saturés que dans les cas où il peut y avoir isomérisation d'alcools primaires en secondaires ou tertiaires;

3° Les hydrocarbures non saturés réagissent facilement en présence de l'acide phosphorique, principalement ceux qui ont des chaînes ramifiées près de la liaison double;

4° A température modérée, les produits principaux sont des matières

---

([1]) Howards sons, J. W. Blagden. D. R. P. 400969; E. P. 200139. Description de l'obtention de thymol à partir de *m*-crésol; I. G. Farbenindustrie. D. R. P. 495757; Rheinische Kampherfabrik E. P. 298600; F. P. 657416; Holl. P. 31400 (le dernier traite de la butylation de l'éther méthylique du *m*-crésol par l'alcool butyl. tert.). Schering-Kahlbaum F. P. 723377, Tchitchibabine, A. P. 1933775 (butylation de l'éther méthylique du *p*-crésol à l'aide de l'isobutylène); Dreyfus A. P. 1872700 (Br. d'application de l'acide phosphorique dans tous les cas où l'acide sulfurique est employé en chimie organique).

D. R. P. = brevet allemand; F. P. = brevet français; A. P. = brevet américain; Holl. P. = brevet hollandais.

contenant des alcoyles dans la position « ortho » par rapport à l'hydroxyle ou à l'alcoxyle;

5° Les phénols polyvalents réagissent aussi facilement que les phénols monovalents;

6° L'alcool allylique donne des produits de condensation polymérisés qui se dépolymérisent quand on les distille à sec. Isoprophénylphénols et hydrocoumaranes sont les produits de dépolymérisation;

7° L'avantage de l'acide phosphorique est sa stabilité qui permet de le régénérer. L'acide régénéré peut servir, ainsi que l'ont démontré les expériences, aux réactions de condensation avec le même succès que l'acide non régénéré.

*Résultats expérimentaux.* — Nous employons habituellement l'acide phosphorique de densité 1,85-1,87 à la dose de $400^g$ pour un gramme-molécule de la substance alcoylée. Lorsque les propriétés des mélanges le permettent, une moitié de l'acide est ajoutée aux phénols ou éthers et l'autre aux alcools, pris en petit excès. On ajoute par gouttes le second mélange au premier, en les chauffant et en les agitant pendant 8 à 10 heures. Le produit de condensation est ensuite séparé de l'acide phosphorique; ce dernier est dilué par de l'eau et extrait à l'éther.

Dans la plupart des cas, les phénols employés pour les réactions ont pu être séparés du produit d'alcoylation, par le traitement de la solution éthérée avec la solution de soude caustique [1] à 20 pour 100. Après évaporation de l'éther, le résidu est soumis au traitement avec le mélange de Claisen [2] pour séparer les substances neutres qui sont obtenues en petites quantités. Les phénols purifiés ont été distillés dans le vide et la purification poussée parfois par des méthodes spéciales.

Nous donnons ci-après un tableau qui condense les résultats obtenus, les détails devant être donnés ailleurs, ainsi que la bibliographie qui s'y rapporte.

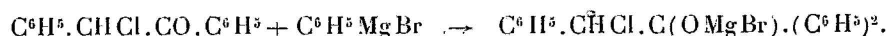
La réaction 7 donne en même temps des polybenzyl-*o*-crésols. Dans les réactions l'alcool isobutylique donne les mêmes corps que l'alcool butylique tertiaire. Le phénol et l'alcool allylique donnent un polymère dissociable en *o*-isoprophénylphénol; le glycol propylénique donne les mêmes produits. Ajoutons encore que le *m*-crésol et le caprylène forment un capryl-crésol. $Éb_{11}$ 152-154°.

(1) VAVON et ZAHARIA, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 346.
(2) *Ann. der Chemie*, **418**, 1918, p. 96; **442**, 1925, p. 224.

| | Matières réagissantes. | Phénol obtenu. | | | Rendement pour 100. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | *m*-Crésol et alcool butylique tertiaire. | *o*-Tertiobutyl-*m*-crésol | P. F. 23° | Éb$_{15}$ 121-122° | 75-80 |
| 2. | *m*-Crésol et alcool isobutylique...... | Id. | » | » | – |
| 3. | *o*-Crésol et alcool butyl. tertiaire..... | *o*-Butyl-*o*-crésol | P. F. 27° | Éb$_{15}$ 122°,5 | 78 |
| 4. | *p*-Crésol et alcool butyl. tertiaire..... | *o*-Butyl-*p*-crésol | P. F. 44° | Éb$_{14}$ 118-119° | 73 |
| 5. | *m*-Crésol et alcool amylique tertiaire.. | Amyl-*m*-crésol | Liq. | Éb$_{10}$ 119-122° | – |
| 6. | *m*-Crésol et menthol................ | Menthyl-*m*-crésol | Liq. | Éb$_{2}$ 152-155° | – |
| 7. | *o*-Crésol et alcool benzylique........ | *o*-Monobenzyl-*o*-crésol | P. F. 52° | Éb$_{12}$ 180-186° | – |
| 8. | Xylénol (1.2.4) et alc. isopropylique. | Isopropylxylénol | Liq. | Éb$_{17}$ 127-130° | – |
| 9. | Xylénol (1.2.4) et alc. butyl. tertiaire. | Butylxylénol | Liq. | Éb$_{17}$ 126-128° | – |
| 10. | Résorcine et alcool butyl. tertiaire.... | Monobutylrésorcine | Liq. | Éb$_{1,5}$ 134-136° | 56,9 |
| | | Dibutylrésorcine | P. F. 123° | – | 27,7 |
| 11. | $C^6H^4(CH^3)_1(OCH^3)^2$ et alcool butyl. tertiaire........................ | Éther méthyl. du *o*-tertiobutylcrésol | | – | 65 |

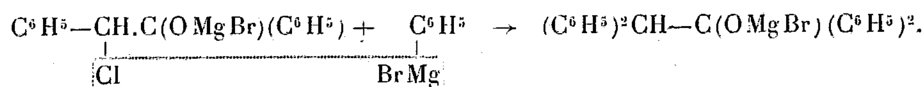
CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des cétones α chlorées.* Note de M. **Georges Richard**, présentée par M. Delépine.

Par action de $2^{mol}$ de bromure de phénylmagnésium $C^6H^5MgBr$ sur $1^{mol}$ de chloro-1-diphényl-1.2-éthanal, j'ai obtenu un corps cristallisé fondant à 236°,5 de formule globale $C^{26}H^{22}O$. C'est le tétraphényléthanol : $(C^6H^5)^2CH-C(OH)(C^6H^5)^2$, corps connu et décrit fondant à 236° [1]. La formation de cet alcool peut s'interpréter par deux mécanismes différents. De toutes façons, la première phase est la condensation de l'organomagnésien et de la fonction carbonyle



$$C^6H^5.CHCl.CO.C^6H^5 + C^6H^5MgBr \rightarrow C^6H^5.CHCl.C(OMgBr).(C^6H^5)^2.$$

On peut supposer que la seconde phase est l'élimination directe d'une molécule d'halogénure de magnésium entre la seconde molécule magnésienne et l'alcoolate ci-dessus :

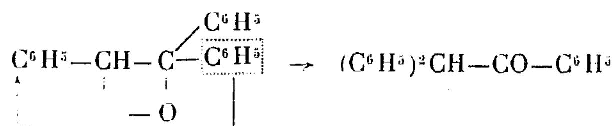


$$C^6H^5-\underset{\mid}{C}H.C(OMgBr)(C^6H^5) + C^6H^5 \rightarrow (C^6H^5)^2CH-C(OMgBr)(C^6H^5)^2.$$
$$\text{Cl} \qquad\qquad \text{BrMg}$$

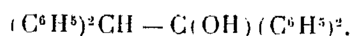
Mais il est possible également que l'élimination se fasse à l'intérieur même de la molécule, le radical bivalent obtenu : $C^6H^5-\underset{\mid}{C}H-\underset{\underset{-O}{\mid}}{C}(C^6H^5)^2$ se

(1) Orékoff, *Bull, Soc. chim.*, 4e série, 25, 1919, p. 188.

transposant ensuite comme ceux étudiés par M. Tiffeneau [1] en donnant une cétone : le triphényl-1.1.1.2-éthanal-2.

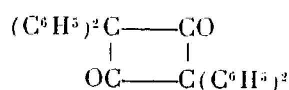


Une seconde molécule de magnésien réagissant sur cette cétone à la manière habituelle conduirait également au tétraphényléthanol



En faisant agir le bromure de phénylmagnésium sur le chloro-1-phényl-2-méthyl-1-éthanol $C^6H^5.CHCl.CO.CH^3$, j'ai pu isoler la cétone intermédiaire, le diphényl-1.1-méthyl-2-éthanal-2, caractérisé par son oxime et sa semicarbazone. Mais ces expériences sont encore insuffisantes pour montrer le rôle intermédiaire certain de cette cétone, dont la formation peut être postérieure à l'hydrolyse de la combinaison magnésienne.

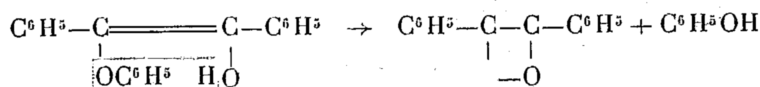
J'ai également fait agir sur le chloro-1-diphényl-1.2-éthanal le phénol sodé. Ce dernier est préparé par action d'un large excès de phénol sur la quantité calculée d'éthylate de sodium. J'ai obtenu un corps solide fondant à 85°,5. La réaction est normale et conduit au phénoxy-1-diphényl-1.2-éthanal $C^6H^5—CH(OC^6H^5)—CO—C^6H^5$. Cet éther-oxyde distille sans décomposition sous pression réduite, mais, si l'on tente de le distiller sous la pression atmosphérique, il se scinde en donnant naissance à du phénol et à un corps insoluble dans l'alcool, l'oxyde d'éthyle et l'éther de pétrole. Seul, l'acide acétique m'a permis de le purifier par cristallisation. Pur, il fond à 244-245° et l'analyse lui attribue la formule brute $C^{28}H^{20}O^2$; c'est la tétraphényl-1.1.3.3-cyclobutanedione-2.4



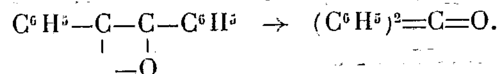
On peut expliquer ainsi cette décomposition : l'éther phénylique de la benzoïne, pris sous sa forme énolique, se scinderait en donnant du phénol, laissant un radical à valence non satisfaite, celui-ci subirait un réarrangement analogue à celui qui suit la rupture des oxydes d'éthylène, mais, ici,

(1) TIFFENEAU, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1595.

c'est un cétène, le diphénylcétène, qui prendrait naissance



et



Puis, à la température de décomposition de l'éther phénylique, le diphénylcétène, instable, se transforme en son produit normal de condensation, la tétraphényl-1.1.3.3-cyclobutanedione-2.4, produit que j'avais déjà obtenu dans d'autres réactions anormales du diphénylchloréthanal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un échange fonctionnel entre composés magnésiens et dérivés halogénés.* Note de M. **Edmond Urion**, présentée par M. Delépine.

M. Grignard a indiqué le moyen d'obtenir quelques composés magnésiens, dont la préparation est impossible par la méthode habituelle : il suffit de mettre en solution éthérée le bromure à traiter, additionné de bromure d'éthyle, et de faire tomber l'ensemble sur du magnésium. Le magnésien cherché se ferait par entraînement et sa formation serait facilitée par le décapage constant du métal ([1]).

Il est certain que ce décapage joue un rôle favorable; je pense cependant qu'une explication plus rationnelle des faits repose sur l'existence d'un échange fonctionnel



(1) $$RMgBr + R'Br \rightarrow R'MgBr + RBr.$$

Lorsque R'MgBr est fort peu soluble en milieu éthéré (bromopentaméthylbenzène), on conçoit qu'il puisse être ainsi obtenu avec un rendement acceptable, alors que sa préparation directe est impossible.

Cet échange fonctionnel a déjà été signalé par Prévost dans le cas particulier : bromure d'éthylmagnésium, bromure de cinnamyle ([2]). Le rendement doit être ici passablement élevé à cause de la grande mobilité du brome dans le bromure de cinnamyle.

Enfin, il est à rapprocher de l'échange observé par Bourguel et Truchet

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 625.
([2]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1374.

dans l'action des dérivées acétyléniques sodés sur les chlorures d'acides arysulfoniques, où il y a, non pas élimination de chlorure de sodium, mais permutation du métal et de l'halogène [1].

A. J'ai mis en évidence la réaction (1) dans le cas ou R et R' représentent les radicaux éthyle et cyclohexyle : 30g de magnésium ont été partiellement dissous dans une molécule-gramme de bromure d'éthyle en solution éthéréé. La réaction terminée, on décante soigneusement la liqueur pour éliminer le magnésium en excès, puis on ajoute une molécule-gramme (165g) de bromure de cyclohexyle et l'on abandonne 24 heures. La destruction par l'eau acidulée permet de déceler le bromure de cyclohexylmagnésium formé, à l'état de cyclohexane dont on extrait 10g, soit un rendement en magnésien de 12 pour 100. On récupère d'ailleurs 130g de bromure $C^6H^{11}Br$ inaltéré ($E_{14} = 56\text{-}58°$).

Le cyclohexane a été caractérisé par ses constantes :

$$E_{760} = 81\text{-}82°, \quad d_4^{21} = 0{,}7760, \quad n_D^{21} = 1{,}4270.$$
$$\text{RM calculée : } 27{,}78; \quad \text{RM théorique : } 27{,}71.$$

Il cristallise et fond au voisinage de 0°.

B. En éliminant du milieu réactionnel le bromure d'éthyle formé lors du déplacement, on favorise la formation du bromure de cyclohexylmagnésium.

L'expérience a été conduite comme précédemment, mais la distillation des deux tiers de l'éther permet d'entraîner le bromure d'éthyle libre ($E_{760} = 38°$). Après hydrolyse, on isole 32g de cyclohexane correspondant à un rendement de 40 pour 100 en magnésien.

C. J'ai enfin repris avec succès la préparation du dimagnésien du paradibromobenzène, en appliquant les considérations précédentes : une molécule-gramme de monomagnésien a été additionnée d'une molécule-gramme de bromure d'éthylmagnésium, le magnésium en excès ayant été éliminé au préalable par décantation. Une partie de l'éther a été distillée, puis le résidu détruit par l'eau acidulée. La rectification de la solution éthérée a donné :

D'une part, 12g de benzène ($E_{760} = 80\text{-}81°$), caractérisé par ses constantes, ce qui correspond à un rendement de 15 pour 100 en dimagnésien;

D'autre part, 120g de bromobenzène ($E_{760} = 153\text{-}154°$), qui résulte de l'hydrolyse du monomagnésien non transformé.

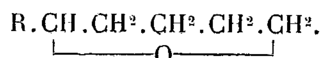
---

[1] BOURGUEL et TRUCHET, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 753.

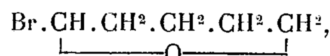
On peut en somme baser sur cet échange fonctionnel une méthode de préparation des magnésiens RMgBr par double décomposition à partir du bromure d'éthylmagnésium, donc en l'absence de magnésium métallique; le rendement sera d'autant meilleur que l'halogène X sera plus mobile sans le composé RX de départ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode de préparation des α-alcoyltétrahydropyranes.* Note de M. **R. Paul**, présentée par M. Delépine.

Poursuivant notre étude comparative des noyaux hydropyraniques et hydrofuraniques, nous avons été amené à mettre au point une méthode générale de préparation des α-alcoyltétrahydropyranes,




Ces dérivés ont pu être obtenus avec un excellent rendement, en condensant un organomagnésien R.Mg.X avec l'α-bromotétrahydropyrane




que nous avons récemment décrit [1]. Étant donné l'instabilité de ce dernier composé, il convient :

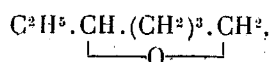
1° de le préparer au moment de l'emploi, en faisant absorber au dihydropyrane refroidi à 0°, la quantité théorique de gaz bromhydrique rigoureusement sec. Une rectification est inutile; le produit brut est employé directement après dilution dans une ou deux fois son volume d'éther anhydre;

2° d'employer un excès de réactif magnésien (50 pour 100 en plus de la quantité théorique) afin d'assurer la complète utilisation du bromure;

3° d'effectuer la réaction lentement et à basse température (—17°).

En observant ces précautions, on a préparé les composés ci-après avec des rendements de 75 à 85 pour 100, comptés à partir du dihydropyrane:

*L'époxy-1.5-heptane*,

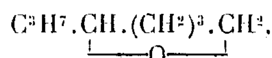



bouillant à 128-129° sous 770$^{mm}$. $D_{20}^{15} = 0,865$; $n_D^{15} = 1,42885$; R.M. = 33,96 trouvé; R. M. = 33,97 calculé.

---

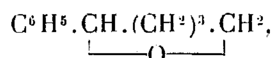
(1) R. Paul, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 375.

*L'époxy-1.5-octane*,



liquide à odeur de menthe, bouillant à 152-153°, sous 760mm. $D_{15}^{15} = 0,860$; $n_D^{15} = 1,43256$; R.M. = 38,64 trouvé; R.M. = 38,58 calculé.

*L'époxy-1.5-phényl-5-pentane*,



doué d'une odeur rappelant le phénosalyl, il bout à 113° sous 11mm. $D_{20}^{15} = 1,020$; $n_D^{15} = 1,53191$; R.M. = 49,20 trouvé; R.M. = 48,84 calculé.

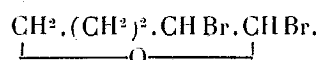
Tous ces composés, facilement abordables, permettent d'obtenir dans de bonnes conditions les carbures dibromés-1.5 correspondants, par action de l'acide bromhydrique.

L'éthyltétrahydropyrane ne réagit qu'en tube scellé et à 150°; on obtient ainsi le *dibromoheptane*-1.5, $Br.(CH^2)^4.CHBr.C^2H^5$, avec un rendement de 90 pour 100. Il bout à 113°-115° sous 11mm, $D_{15}^{15} = 1,537$; $n_D^{15} = 1,50411$; R. M. = 49,71 trouvé; R. M. = 50,05 calculé.

Le propyltétrahydropyrane, à sa température d'ébullition, conduit au *dibromooctane*-1.5, $Br.(CH^2)^4.CHBr.C^3H^7$; le rendement est de 80 pour 100. Il avait été déjà obtenu par V. Braun [1] à partir de la connine. Il bout à 127°-128°, sous 11mm. $D_{15}^{16} = 1,448$; $n_D^{16} = 1,49677$; R. M. = 54,94 trouvé; R. M. = 54,67 calculé.

Le phényltétrahydropyrane, au contraire, réagit dès la température ordinaire sur l'acide bromhydrique; à 90°-100° la réaction est complète : on reconnaît là l'influence activante de la double liaison benzénique [2]. Le phényldibromopentane résultant n'a pu être rectifié; il se décompose en effet régulièrement sous l'influence de la chaleur en donnant le *phényl-1-bromo-5-pentène-1*, $C^6H^5.CH = CH.(CH^2)^3.Br$, bouillant à 149°-151° sous 11mm.

En appliquant à l'époxy-1.5-dibromo-1.4-pentane



la même technique, condensation du dibromure brut avec un magnésien refroidi à 17°, nous avons obtenu, mais avec des rendements moindres, les dérivés bromés des composés précédents :

---

(1) Von Braun et Schmitz, *Deutsch. chem. Ges.*, **39**, 1906, p. 4367.

(2) Dupont, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **49**, 1931, p. 475.

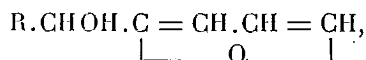
*L'époxy-1.5-bromo-4-heptane* $\underbrace{CH^2.(CH^2)^2.CHBr.CH}_{O}.C^2H^5$, bouillant à 71-72° sous $12^{mm}$. $D_{15}^{15} = 1{,}314$; $n_D^{15} = 1{,}48354$, R.M. $= 41{,}99$ trouvé; R.M. $= 41{,}73$ calculé.

*L'époxy-1.5-bromo-4-phényl-5-pentane* $\underbrace{CH^2.(CH^2)^2.CHBr.CH}_{O}.C^6H^5$, cristallisant en houppes soyeuses, fusibles à 38°. Il bout à 160-162° sous $15^{mm}$.

La configuration stéréochimique de ces composés est assez incertaine; cependant, d'après leur mode de formation, il semble assez vraisemblable que l'on ait affaire aux dérivés *cis*.

Ajoutons enfin que ces composés, dérivant des triols 1.4.5, pourraient servir à la préparation des glycérines $R.CHOH.CHOH.(CH^2)^3.OH$.

Toutefois la méthode, qui nous a permis de passer du furfurol au pentanetriol-1.4.5 (¹) et qui est applicable aux alcools



$$R.CHOH.\underbrace{C = CH.CH = CH}_{O},$$

paraît *a priori* plus avantageuse.

GÉOLOGIE. — *Observations préliminaires sur l'existence au Damergou (Niger) d'une faune crétacée analogue à celle du Djoua (Sud algérien)*. Note de M. **Raymond Furon**, transmise par M. L. Cayeux.

J'ai indiqué précédemment l'existence du Cénomanien marin dans le Sahara soudanais (²) et son extension dans le bassin du Tchad. Cette opinion a été confirmée par MM. H. Douvillé, Tilho (³) et R. Lambert (⁴). De nouvelles faunes recueillies à Tanout (Damergou) par MM. Loubet et Rebolle ont été adressées au Muséum : elles contiennent des éléments absolument nouveaux.

*Le Continental intercalaire*, antérieur à la transgression cénomanienne, comprend les grès et argiles du Tégama, desquels on ne connaît que des bois silicifiés et des fragments de Reptiles indéterminés.

Au-dessus des grès du Tégama et immédiatement au-dessous des argiles et calcaires à *Neolobites* se trouvent des argiles et des grès tendres. Il en est

(¹) R. Paul, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **53**, 1933, p. 417.
(²) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 793 et 1033.
(³) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1012.
(⁴) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 489.

de même dans le Sud algérien. Dans le Djoua, en particulier, la faune découverte par la Mission Foureau-Lamy, et étudiée par E. Haug ([1]), comportait essentiellement : *Ceratodus africanus*, *Ceratodus minutus* et des dents isolées de *Gigantichtys* (*Onchopristis*) *numidus*. Cette faune a été considérée comme albienne par E. Haug, puis comme cénomanienne par G. Stromer ([2]) qui disposait en Égypte de séries plus complètes.

Dans les couches inférieures du plateau du Damergou, je retrouve exactement la faune du Djoua : *Ceratodus africanus*, *Ceratodus minutus*, *Ceratodus* sp. et de nombreuses dents d'*Onchopristis numidus* Haug. Ce niveau représente, pour moi, le *Cénomanien inférieur*.

M. C. Kilian me communique qu'il possède également des dents de *Ceratodus* provenant de Tanout et qui lui ont été remises par le Colonel Lelong.

Parmi les gisements intermédiaires entre le Djoua et le Damergou, il faut mentionner ceux du Tilemsi (J. Bourcart et A. Keller) et la falaise de Tamaia (Niger), qui contiennent des *Ceratodus*.

Le *Cénomanien supérieur* et le *Turonien*, néritiques et lagunaires, sont parfois difficiles à différencier. Au Cénomanien supérieur, appartiennent les argiles et calcaires à *Neolobites* et *Exogyra columba minor*. Les couches de calcaires jaunes, un peu dolomitiques, à *Vascoceras* et *Cardium productum*, sont turoniennes.

Il existe des couches de passage dont on ne saurait affirmer qu'elles appartiennent au Cénomanien supérieur ou bien au Turonien tout à fait inférieur; elles contiennent une riche faune de Gastropodes, des Échinides (*Micropedina*, etc.), *Exogyra olisiponensis*, *Plicatula Fourneli* et des Céphalopodes d'un groupe nouveau dans le Sahara : *Metengonoceras nigeriensis* n. sp.

*Conclusions.* — La faune du Cénomanien inférieur du Damergou est identique à celle du Sahara algérien. La faune du Cénomanien supérieur et du Turonien est comparable à celles de l'Afrique du Nord, de la Nigeria et de l'Amérique.

---

([1]) *Documents scientifiques de la Mission Foureau-Lamy*, 1905, p. 751.
([2]) *Abh. Konigl. Akad. Wiss., Math. Phys. Kl.*, München, 28, H. 8, 1917.

MÉTÉOROLOGIE. — *La circulation de l'air atmosphérique en altitude au-dessus de Madagascar*. Note de M. **Henry Hubert**.

En établissant, pour cinq stations de Madagascar (Tananarive, Majunga, Diégo-Suarez, Tamatave et Fort-Dauphin), des graphiques tirés des sondages aérologiques effectués depuis 1933 par le Service météorologique de la Colonie, il me paraît possible de donner un premier aperçu de la circulation générale de l'air atmosphérique au-dessus de la Grande Ile.

Le R. P. Poisson a déjà montré (¹) que l'alizé, du Sud-Est, souffle de mars à octobre et a une composante Est à Tananarive et Nord-Est à Fort-Dauphin. Aux renseignements fournis, il faut ajouter que ce vent a une composante sud très marquée à Tamatave et qu'il occupe une tranche d'atmosphère supérieure à celle qu'on lui attribuait.

Les altitudes du plafond de ce courant, comme celles des limites de tous les vents dont il sera question dans cette Note, sont extrêmement variables, parfois d'une heure à l'autre. En première approximation, il apparaît cependant que les valeurs les plus souvent observées pour le plafond de l'alizé sont de l'ordre de 3000$^m$ à Fort-Dauphin et à Tananarive, de 4000$^m$ à Tamatave et à Majunga, de 5000$^m$ à Diégo-Suarez. Si l'on élimine les chiffres de Tananarive, pour lesquels intervient l'influence du relief, on voit que se trouve confirmée l'hypothèse du R. P. Poisson, relative au développement de l'alizé en altitude, en allant du Sud au Nord de Madagascar (²).

Pendant la période où souffle l'alizé on observe, jusqu'à la limite à laquelle portent généralement les sondages (10000$^m$ environ), des vents supérieurs d'Ouest à Nord-Ouest soufflant en permanence. Ils représentent, à mon avis, le contre-alizé dont l'existence, pressentie jusqu'ici, n'avait pas encore été signalée. Les deux vents, alizé et contre-alizé, apparaissent comme pratiquement jointifs à Madagascar.

---

(¹) R. P. Poisson, *Météorologie de Madagascar*, Paris, 1930.

(²) Les conditions sont différentes en Indochine, où la hauteur occupée par l'alizé croît de Saigon à Tourane et décroît ensuite vers le Nord. Cette particularité s'explique par le fait que, si la base du contre-alizé s'abaisse bien vers le tropique, en Indochine comme à Madagascar, la base du courant supérieur d'Est, en Indochine (là où celui-ci est intercalé entre l'alizé et le contre-alizé) s'élève au contraire du Sud au Nord.

D'octobre à mars s'établissent des vents inférieurs à composante Nord-Ouest sur la côte Nord-Ouest et à composante Nord-Est sur la côte Est. C'est la mousson, dont on connaissait déjà l'existence au sol [1]. Elle a une grande régularité à Majunga et à Diégo-Suarez, où elle se développe au moins sur 4000$^m$ de hauteur, et souvent beaucoup plus. Elle est moins nette et moins régulière à Tananarive, où elle dépasse rarement l'altitude de 4000$^m$. Ce dernier chiffre est assez souvent observé à Tamatave, mais la mousson y paraît beaucoup moins constante que dans les localités précédentes. Enfin, elle ne semble pas se manifester à Fort-Dauphin, où l'alizé continue à régner toute l'année.

Immédiatement au-dessus de la mousson, il existe un vent supérieur, d'Est à Sud-Est, qui ne paraît pas avoir été signalé jusqu'ici. Il est particulièrement net dans la partie septentrionale de l'Ile, à Majunga et à Diégo-Suarez, où sa base se trouve souvent entre 3000$^m$ et 5000$^m$. Plus au Sud, à Tamatave et à Tananarive, il est moins fréquent; dans ces deux points, il est aussi plus difficile à individualiser, parce que sa direction est comparable à celle de l'alizé, lequel subsiste au moins partiellement en saison chaude, concurremment avec la mousson, en alternant avec cette dernière. Plus au Sud encore, à Fort-Dauphin, le vent supérieur d'Est paraît ne jamais se manifester : les vents supérieurs d'Ouest (contre-alizé) subsistent en effet toute l'année.

Bien que le vent supérieur d'Est ait une direction voisine de celle de l'alizé, je pense qu'il faut en faire un courant différent. A l'appui de cette manière de voir on peut faire valoir que ces deux vents ont leur origine dans des régions différentes, l'une au Sud, l'autre au Nord de Madagascar, et que, lorsqu'ils coexistent accidentellement au-dessus d'une localité, ils sont normalement séparés l'un de l'autre par la mousson.

Au sujet de ce courant supérieur d'Est, l'analogie est grande avec ce que j'ai signalé pour l'Afrique Occidentale française et pour l'Indochine [2]. A Madagascar, comme dans ces deux pays, on se trouverait en présence d'un courant occupant la situation géographique de celui qu'on a qualifié d'équatorial, sans qu'il ait, je le répète, les caractères qu'on prête à ce dernier dans les ouvrages classiques.

Sauf pour l'alizé, les courants aériens sont beaucoup moins tranchés à Madagascar qu'en Indochine, ce que peuvent justifier des considérations

(1) H. Hubert, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1002; R. P. Poisson, *loc. cit.*

(2) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1881; 155, 1913, p. 627; 198, 1934, p. 1055.

géographiques. On notera cependant que, dans ces deux pays, situés à des latitudes comparables dans l'un et l'autre hémisphère, la circulation générale de l'air atmosphérique présente une certaine symétrie par rapport à l'équateur (1).

BOTANIQUE. — *Recherches sur la réduction du nitrate d'argent par les chloroplastes*. Note (2) de M. **R. Gautheret**, présentée par M. Molliard.

Molisch a démontré que les chloroplastes ont le pouvoir de réduire le nitrate d'argent, propriété que nous avons utilisée dans nos recherches sur la formation de chlorophylle dans les racines exposées à la lumière. Nous avons repris l'étude de cette réaction, qui nous a d'abord montré que la réduction n'est pas limitée au $NO^3Ag$, mais se produit avec tous les sels d'argent (sulfate, acétate, chlorate, fluorure, permanganate) à l'exclusion des sels complexes. Il semble que ce soit l'ion Ag qui possède la propriété d'être réduit à l'état d'argent métallique par les chloroplastes. Cette étude nous a permis de constater que, contrairement à l'opinion de Molisch, la lumière a une action sur ce phénomène. Les chloroplastes du mésophylle des feuilles adultes d'*Iris germanica* réduisent faiblement $NO^3Ag$ à l'obscurité, tandis qu'à la lumière la réduction est très intense. Les feuilles jeunes d'Iris, par contre, ne donnent la réaction qu'à la lumière. Il en est de même pour les épidermes renfermant des chloroplastes dans toutes leurs cellules (*Sambucus*, *Polypodium*, etc.). Les chloroplastes des feuilles adultes d'*Elodea canadensis* réduisent les sels d'argent à l'obscurité, mais ceux des feuilles jeunes ne manifestent cette propriété qu'à la lumière.

Un séjour prolongé à la lumière n'est pas nécessaire pour que la réduction se produise : un fragment de feuille placé dans une solution de $NO^3Ag$ pendant trois secondes à la lumière ne montre pas encore de réduction dans les chloroplastes et cependant la réaction se produit dans la suite lorsqu'on transporte la préparation à l'obscurité; la réaction est donc amorcée par la lumière. Nous avons déterminé le seuil d'éclairement susceptible de provoquer la réaction avec une lampe Philips Argenta 110 V de 40 W. Pour

(1) Dans cette Note, consacrée à la présentation de faits d'ensemble, il n'a pas été tenu compte des brises de terre et de mer, toujours très localisées en surface et en altitude.

(2) Séance du 19 mars 1934.

obtenir une réduction, il est nécessaire de placer la préparation à $40^{cm}$ au plus de la lampe s'il s'agit de feuilles d'Iris, et $80^{cm}$ pour des feuilles de *Polypodium*. Les jeunes feuilles de *Sambucus* réduisent à une lumière plus faible que les feuilles adultes. Nous avons recherché quelles étaient les radiations actives dans la réaction de Molisch au moyen de trois écrans Wratten. Un écran rouge transparent de $0^{\mu},6$ à l'extrême rouge, un vert perméable de $0^{\mu},52$ à $0^{\mu},6$ et un bleu transparent de $0^{\mu},35$ à $0^{\mu},52$. Nous avons déterminé dérrière chaque écran le seuil d'énergie incidente (mesuré à la pile thermoélectrique) (1) nécessaire pour provoquer la réduction du $NO^3Ag$ par les chloroplastes. Cette énergie minima est plus faible pour le rouge que pour les autres radiations, et un peu plus forte pour le bleu que pour le vert. Pour le *Sambucus nigra*, les valeurs relatives de ces énergies minima sont approximativement 3,0 pour le rouge, 18 pour le vert et 25 pour le bleu. Les sels d'argent étant surtout sensibles aux radiations très réfrangibles, la grande activité des radiations rouges dans la réduction semble indiquer que le pigment jouerait un rôle analogue à celui d'un sensibilisateur optique. Le fait qu'il est possible d'extraire le pigment des chloroplastes ayant réduit le nitrate d'argent semble prouver que la chlorophylle n'interviendrait que comme catalyseur.

Nos recherches ne confirment pas l'hypothèse de Molisch qui attribue la réduction du $NO^3Ag$ à la présence d'aldéhyde formique dans les chloroplastes. La réaction s'observe dans les jeunes feuilles dès l'apparition de la chlorophylle alors que les plastes n'ont que des traces de pigment et ne peuvent encore être fonctionnels comme l'ont montré Briggs et Irving. D'autre part, les chloroplastes de pieds d'Iris placés à l'obscurité pendant 15 jours ont conservé leurs propriétés réductrices vis-à-vis du $NO^3Ag$. Nous avons inhibé la photosynthèse de Spirogyres en les anesthésiant au moyen de cyanure de potassium ou de phényluréthane (technique de Warburg); la réaction de Molisch ne s'est pas modifiée. Nous avons, en outre, constaté que le formol ne réduit pas $NO^3Ag$. Enfin, si l'on tient compte qu'en présence d'une lumière très intense, la réaction de Molisch ne se fait plus et que des cellules mortes, même depuis peu de temps, ne présentent plus cette réaction, on est conduit à penser que la réduction n'est pas un phénomène purement chimique.

Bien que nos recherches aient confirmé l'opinion de Molisch, que la réaction ne se produit que dans les cellules vivantes, nous avons tenté d'obtenir

(1) M. Wurmser a exécuté les mesures d'énergie.

la réduction du $No^3Ag$ par des solutions de chlorophylle *in vitro*. Un extrait alcoolique de feuilles fraiches d'épinard étendu d'eau et additionné de nitrate d'argent noircit rapidement à la lumière. Il ne semble cependant pas que la chorophylle joue un rôle dans cette réduction qui se manifeste avec la même intensité si l'on prive l'extrait alcoolique de son pigment par épuisement à l'éther de pétrole. Si l'on expose d'autre part l'extrait alcoolique de feuilles d'épinard fraîches 5 minutes à une lumière intense, il perd en partie la propriété de réduire $NO^3Ag$, bien que le pigment n'ait pas encore subi de destruction apparente. Cette diminution du pouvoir réducteur ne se manifeste pas si la solution exposée à la lumière est recouverte d'éther de pétrole empêchant toute oxydation. La réduction semble être provoquée par une substance photo-oxydable soluble dans l'alcool et insoluble dans l'éther de pétrole. Un extrait alcoolique de feuilles de salade verte a montré une réduction plus marquée qu'un extrait de salade jaune, mais cette différence ne semble pas due à la chlorophylle, car l'extrait de salade verte épuisé par l'éther de pétrole a conservé un pouvoir réducteur plus élevé que l'extrait de salade étiolée, et la lumière a provoqué une diminution du pouvoir réducteur de la solution de feuilles vertes sans détruire le pigment. Il semble que les propriétés réductrices de ces extraits soient dues à ce qu'il renferme des composés tanniques ou oxyflavoniques. Le pouvoir réducteur des solutions de chlorophylle de salade et d'épinard disparaît si l'on précipite les composés oxyflavoniques par des sels de plomb.

Le cas de ces solutions est donc tout à fait différent de celui des cellules vertes. En ce qui concerne celles-ci, l'hypothèse suivante permet d'expliquer le mécanisme de la réduction : les chloroplastes possèdent un pouvoir réducteur vis-à-vis de $NO^3Ag$. La chlorophylle absorbant l'énergie lumineuse fonctionne comme sensibilisateur optique et augmente considérablement ce pouvoir réducteur des plastes. Enfin la réaction une fois amorcée se poursuit sans que l'intervention d'énergie lumineuse soit nécessaire.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'évolution des phospholipides des feuilles au cours du jaunissement automnal.* Note de M. **R. Echevin**, présentée par M. M. Molliard.

J'exposerai dans cette Note les résultats auxquels je suis parvenu en suivant les variations de l'une des formes biologiques du phosphore, le

phosphore lipidique, dans les feuilles, avant et après le jaunissement automnal.

Je me suis adressé à cinq espèces ligneuses à feuilles caduques et à une espèce à feuilles persistantes. Pour chaque espèce, deux récoltes, comportant un nombre égal de feuilles, ont été effectuées sur le même arbre, feuilles vertes et feuilles jaunes ou rouges, de dimensions aussi comparables que possible. A l'aide d'un emporte-pièce, 400 fragments circulaires de surface identique ont été prélevés aux mêmes endroits du limbe; l'ensemble des 400 rondelles d'une même récolte représente une surface foliaire de $706^{cm^2},86$. Les feuilles d'*Acer* ont été dispersées avant le jaunissement. Le poids de substance fraîche étant déterminé, les matériaux récoltés ont été immédiatement fixés à l'alcool à 95° bouillant. La substance sèche de chaque lot a été calculée d'après un lot témoin de même surface et de même poids frais. L'extraction des lipides a été effectuée par l'alcool dans l'appareil de Kumagawa. Le résidu de distillation de l'extrait alcoolique est repris par l'éther et le benzène. Après une destruction sulfonitrique du produit obtenu par évaporation de la solution éthéro-benzénique, le phosphore lipidique a été dosé par la méthode de Copaux.

| | | Substance | | Phosphore lipidique | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | fraîche. | sèche. | quantités absolues. | dans 100g de substance sèche. |
| | | g | g | mg | mg |
| *Castanea vulgaris* | Feuilles vertes | 9,536 | 4,354 | 1,26 | 28 |
| | » jaunes | 8,834 | 3,607 | traces | 0 |
| *Æsculus Hippocastanum* | Feuilles vertes | 7,564 | 2,411 | 1,14 | 47 |
| | » jaunes | 6,873 | 1,635 | 0 | 0 |
| *Acer platanoides* | Feuilles vertes | 6,147 | 2,138 | 1,15 | 54 |
| | » jaunes | | non récoltées | | |
| *Ampelopsis hederacea* | Feuilles vertes | 12,271 | 4,055 | 1,45 | 36 |
| | » rouges | 12,320 | 3,788 | 0,12 | 3 |
| *Fagus silvatica* | Feuilles vertes | 7,897 | 3,641 | 1,04 | 28 |
| | » jaunes | 7,231 | 2,659 | traces | 0 |
| *Prunus Laurocerasus* | Feuilles vertes | 17,282 | 7,139 | 1,46 | 20 |
| | » jaunes | 17,434 | 7,856 | 0 | 0 |

Des résultats réunis dans le tableau ci-dessus il ressort que la teneur de la substance sèche — et de la substance fraîche — des feuilles vertes en

phosphore lipidique est très variable d'une espèce à l'autre. Par contre, on remarque que la quantité absolue de phosphore lipidique contenue dans la même surface foliaire est relativement constante pour toutes les espèces étudiées. Ce fait permet déjà d'entrevoir une relation entre la répartition de ces substances et celle du pigment chlorophyllien dont la masse est généralement proportionnelle à la surface de la feuille.

Mais en outre, on constate qu'il n'existe plus en général de phosphore lipidique dans les feuilles jaunes; celles d'*Æsculus* et de *Prunus* étaient d'un jaune rigoureusement uniforme; à l'analyse elles n'ont fourni aucune trace de phosphore. Les feuilles jaunes de *Castanea* et de *Fagus* renfermaient encore de faibles quantités de chlorophylle, les feuilles rouges d'*Ampelopsis* en contenaient encore suffisamment pour que l'extrait éthéro-benzénique soit nettement coloré. Or c'est la seule espèce dont les feuilles renferment une faible quantité de phosphore lipidique après le jaunissement. Il existe donc un parallélisme étroit dans la disparition du pigment chlorophyllien et celle des lipides phosphorés.

On sait que la feuille jaune est encore vivante; le contenu cellulaire n'est que partiellement modifié; les modifications les mieux connues intéressent les plastes qui entrent en dégénérescence dès que la teinte verte s'atténue. La disparition des lipides phosphorées au cours du jaunissement serait donc surtout la conséquence de la désagrégation des chloroplastes. Ainsi se trouveraient confirmées, par une voie toute différente, les observations cytologiques de Guilliermond et de Mangenot qui ont conclu que les lipides des chloroplastes étaient constitués par des graisses phosphorées.

Le rôle physiologique des phospho-lipides est inconnu. D'après Buscalioni ces substances joueraient un rôle dans la respiration, elles interviendraient également dans la fonction chlorophyllienne. Le parallélisme entre la répartition des phospho-lipides et celle de la chlorophylle, leur disparition simultanée au moment du jaunissement des feuilles sont deux arguments qui paraissent devoir être invoqués en faveur d'une relation entre ces substances et l'activité du pigment vert.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Affinités chimiques et hybridations chez les Iris.* Note de MM. **H. Colin** et **J. Carles**, présentée par M. Molliard.

Le genre Iris, tel que le décrit W. R. Dykes ([1]), englobe près de 160 espèces; il a été tantôt distribué en 3, 4 ou même 7 genres, et tantôt regroupé en un seul. D'après la souche bulbeuse ou rhizomateuse, les racines persistantes ou non, les sépales nus, barbus ou crêtés, l'arille plus ou moins grosse qui orne parfois les graines, W. R. Dykes répartit les Iris en 12 sections (*Apogon*, *Evansia*, *Oncocyclus*, *Regelia*, *Pogoniris*, *Xiphion*, etc.) dont les plus importantes sont subdivisées en plusieurs groupes.

Depuis un demi-siècle, d'innombrables croisements ont été effectués, souvent au hasard, en vue d'obtenir des variétés nouvelles. Plusieurs résultats ont surpris les Botanistes qui se demandent pourquoi, jusqu'à ce jour, on n'a jamais pu croiser *I. fœtidissima* L. ou *I. Kæmpferi* Siebold avec les espèces les plus voisines de la même section, tandis que l'hybridation réussit entre certains Iris de sections différentes :

*I. pallida* Lam. (Sect. *Pogoniris*), *I. tectorum* Maxim. (Sect. *Evansia*).
*I. susiana* L. (Sect. *Oncocyclus*), *I. Hoogiana* Dykes (Sect. *Regelia*).
*I. iberica* Hoffm. (Sect. *Oncocyclus*), *I. macrantha* Hort. (Sect. *Pogoniris*).

Les cytologues ([2]) en ont cherché la raison dans le nombre et la forme des chromosomes, mais s'ils expliquent par là de nombreux échecs, ils ne peuvent que constater certaines réussites ( *I. pallida* a 12 chromosomes tandis que *I. tectorum* en a 14, *I. susiana* 10 et *I. Hoogiana* 22, *I. iberica* 10 et *I. macrantha* 24).

En matière d'hybridation, plus encore que pour le greffage, il semble qu'on ne puisse se désintéresser des affinités chimiques des plantes que l'on veut associer. Or, de ce point de vue, le genre Iris est très hétérogène. Pour s'en tenir aux principes facilement accessibles, et en négligeant les questions de plus ou moins, les lipides, les tanins, les glucides sont loin d'être répartis d'une façon uniforme dans les Iris. Cela ressort de l'étude que nous avons faite d'une cinquantaine d'espèces, en nous préoccupant avant tout de leur composition glucidique.

---

([1]) *The Genus Iris*. Cambridge, Univ. Press, 1913.

([2]) M. Simonet, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1214; *Bull. biologique de France et de Belgique*, **66**, 1932, p. 255 et suivantes.

Les trois Iris spontanés de la région parisienne diffèrent profondément à cet égard : amidon sans fructosanes dans *I. germanica*, irisine sans amidon dans *I. pseudacorus*, amidon et deux fructosanes autres que l'irisine dans *I. fœtidissima* (1). Nous avons retrouvé ces trois types dans l'ensemble des Iris, parfois dans la même section : au premier se rattachent vraisemblablement une soixantaine d'espèces, au troisième, à peu près autant; au deuxième, 4 ou 5 espèces seulement, formant le petit groupe des *Laevigatae* dans la Section des *Apogon*.

Cela ne veut pas dire qu'il n'y ait, dans le genre Iris, que les trois fructoseholosides déjà décrits. Ceux d'*I. tingitana* Boiss. et Reu se rapprochent beaucoup de ceux d'*I. fœtidissima;* celui d'*I. orientalis* Thunb. diffère à la fois de ces derniers et de l'irisine.

| | *I. pseudac.* | *I. fœtidissima.* | | *I. tingitana.* | | *I. orientalis.* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Irisine. | Fruct. 1°. | Fruct. 2°. | Fruct. 1°. | Fruct. 2°. | Fruct. 1°. |
| $[\alpha_1]$.............. | −51 | −29 | −20 | −33 | −21 | −41 |
| $[\alpha_2]$ à 16°......... | −92 | −80 | −78 | −81 | −72 | −83 |
| Glucose pour 100... | 0 | | | 7 | 13 | 7 |

Ces glucides forment une série qui rappelle un peu celle de l'inuline et de ses satellites (Tanret). Dans les deux cas les solubilités, les teneurs en glucose, la fermentescibilité augmentent avec le pouvoir rotatoire; les grandeurs moléculaires varient en sens inverse.

Jusqu'ici, ces trois groupes d'Iris, qui diffèrent par leur constitution glucidique, n'ont pu être croisés entre eux, tandis que tous les croisements connus entre espèces éloignées portent sur des plantes de mêmes réserves glucidiques.

Il semble bien que la diversité des glucides soit pour l'hybridation un obstacle plus sérieux que la présence ou l'absence de tanins, par exemple, témoin l'hybride (2) entre *I. pseudacorus* (irisine, tanins 20 pour 100 du poids sec, lipides 2 pour 100, etc.) et *I. versicolor* (irisine, pas de tanins, lipides 17 pour 100).

(1) A. Augem, *Revue générale de Botanique*, 40, 1928, p. 474.
(2) W. R. Dykes, *C. R. I. Conf. Intern. des Iris*, 1923, p. 68-73.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations concernant l'étiologie du Bayoud.* Note (¹) de M. G. **Malençon**, présentée par M. Mangin.

A la suite de nos observations personnelles effectuées en 1932, puis confirmées et complétées au printemps de 1933 en compagnie de MM. Maire et Foëx (²), nous avons pu déclarer que la très grave affection des palmiers dattiers dénommée vulgairement bayoud, entrait dans le cadre des trachéomycoses. L'agent responsable est le *Cylindrophora albedinis* Killian et Maire, Champignon deutéromycète isolé dès 1921 des arbres malades par Sergent et Béguet, mais dont le rôle parasitaire était fortement contesté jusqu'ici.

L'étude sur des milieux de culture divers nous a révélé chez les conidies de ce parasite une amplitude de variation étendue et particulièrement intéressante. Nous avons ainsi noté que ces organes, typiquement unicellulaires au moment où ils se détachent des conidiophores, prennent fréquemment une, deux, et même parfois trois cloisons transversales en continuant leur développement une fois libérés. Très souvent aussi, à côté des conidies droites ou faiblement arquées et à sommets arrondis signalées par Killian et Maire, nous en avons rencontré à courbure fortement accusée et à extrémités amincies et aiguës; dans ce cas, leur profil devenait nettement *falciforme* et elles étaient soit unicellulaires, soit munies d'un septum médian transversal. Ajoutons encore que les sclérotes apparus dans nos cultures, surtout sur pomme de terre et milieux de Czapeck ou de Waksmann gélosés, quoique paraissant noirs à première vue, étaient toujours d'un vert bleu très foncé.

Ces caractères nouvellement mis en évidence joints à d'autres déjà connus tels que la teinte rose ou violette des cultures et la formation de chlamydospores terminales ou intercalaires, nous avaient depuis longtemps porté à envisager que le *C. albedinis* pourrait bien n'être que la forme microconidienne d'un *Fusarium*, dont les macroconidies auraient jusqu'ici échappé aux investigations des chercheurs.

Il était en effet troublant de constater que, dans ce genre, la section *Elegans* de Wollenweber (sous-sections *Constrictum* et *Oxysporum*) comprend des espèces hautement parasitaires et trachéiphiles : *Fusarium bulbi-*

---

(¹) Séance du 5 février 1934.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1349-1350.

*genum, oxysporum, vasinfectum*, qui donnent des cultures de coloration rose ou violette, produisent des chlamydospores identiques à celles de l'agent du bayoud, forment des sclérotes *ærugineo-atrocœrulea* et possèdent des microconidies semblables, dans leurs formes et leurs variations, à celles du *Cylindrophora albedinis*.

Nous avons recherché si la forme *Fusarium* n'apparaîtrait pas dans nos cultures ou, sur place, sur les palmiers atteints de bayoud. C'est ainsi qu'au début de 1933 nous avons découvert à la surface de la base d'une palme malade, des tissus de laquelle le *Cylindrophora albedinis* fut extrait, de petites pustules blanc rosé perçant l'épiderme et formant à l'extérieur un revêtement velouté et pulvérulent, représentant un hyménium conidifère avec un *Fusarium* typique. D'autres pustules voisines, de constitution analogue, n'émettaient que des microconidies. Tout cet ensemble de fructifications était plus ou moins recouvert d'un revêtement aranéeux, blanc, formé de fins cordonnets mycéliens, hérissés de conidiophores producteurs de microconidies et identiques, en tous points, aux fructifications obtenues *in vitro* du *Cylindrophora albedinis*. Nous avions donc, côte à côte et sortant de tissus bayoudés, un *Fusarium* et un *Cylindrophora*. Ces observations apportent donc déjà la preuve :

1° qu'un *Cylindrophora*, morphologiquement identique au *C. albedinis*, pouvait fructifier, dans la nature, à la surface des tissus bayoudés;

2° qu'un *Fusarium* pouvait apparaître dans les mêmes conditions;

3° que ce *Fusarium* produisait *in vitro* une forme microconidienne absolument comparable au *Cylindrophora albedinis*.

Afin d'écarter tout soupçon de contamination par un *Fusarium* étranger, nous avons entrepris des cultures monospores en partant de conidies *Cylindrophora* typiques (c'est-à-dire droites, cylindracées et non septées) et nous avons réobtenu de cette façon des macroconidies *Fusarium*. D'autres ensemencements monospores, effectués cette fois en partant des conidies *Fusarium* trouvées dans nos cultures, nous ont redonné la forme microconidienne : *Cylindrophora albedinis*. Ainsi donc, du *C. albedinis* produit des microconidies *Cylindrophora* et des macroconidies *Fusarium;* les premières, en cultures monospores, peuvent donner du *Fusarium*, et les secondes, également en cultures monospores, peuvent à leur tour produire du *Cylindrophora*.

Nos observations dans la nature, que nous avons pu renouveler en décembre 1933, et ces expériences de laboratoire apportent donc la preuve :

1° que l'agent du bayoud appartient au cycle d'un *Fusarium* qu'il y a lieu de désigner sous le nom de *Fusarium albedinis* (Killian et Maire) Malençon;

2° que ce champignon produit sur les arbres malades des fructifications *externes*.

Ces deux faits, absolument nouveaux dans l'étiologie du bayoud, permettent de préciser la nature de cette maladie et ses moyens de propagation.

Quant à la place taxinomique exacte du *Fusarium albedinis* nob., s'il est incontestable qu'il se range dans la section *elegans* de Wollenweber; de nouvelles recherches, que nous poursuivons, sont nécessaires pour préciser s'il faut le placer dans l'une ou l'autre des sous-sections *Oxysporum* ou *Constrictum*. Il se rapproche du *Fusarium vasinfectum* par sa morphologie, mais, à l'encontre de celui-ci qui se transmet dans les plantes par la voie radiculaire, il pénètre les dattiers par les blessures faites aux palmes et ne semble pas emprunter le sol pour se propager. C'est donc vraisemblablement une espèce bien autonome, biologiquement parlant.

HYDROLOGIE AGRICOLE. — *Contribution à l'étude des condensations occultes (Hydrogenèse)*. Note (¹) de M. **F. Diénert**, présentée par M. Pierre Viala.

L'alimentation des eaux souterraines par l'infiltration des eaux de pluie ne fait maintenant aucun doute sous les climats tempérés. Pour les climats chauds, là où il pleut très peu, on est obligé de rechercher d'autres sources d'alimentation pour expliquer l'existence d'eau souterraine. Parmi celles-ci, on peut envisager la condensation, dans le sol, de la vapeur d'eau provenant de l'action de la chaleur solaire sur les eaux de rosée ou imprégnant les pierres superficielles. Le docteur Pasteur a fait quelques expériences intéressantes à ce sujet et j'ai montré dernièrement dans quelles conditions ce genre d'alimentation des eaux souterraines était possible [2]. Dans les pays chauds, là où la surface du sol se fendille facilement, la pénétration de la vapeur d'eau dans le sol est facile.

D'autre part, en certaines de ces régions, le rayonnement nocturne est intense et la rosée abondante. Le rayonnement du soleil, pendant le jour, y est considérable. Il en résulte des condensations de vapeur d'eau et des

(¹) Séance du 12 mars 1934.

(²) *C. R. Académie Agriculture*, 20, IV, 1934, p. 153.

évaporations successives qui mettent en mouvement un volume d'eau important. A la lumière de ces observations, il apparaît que la méthode de culture américaine pour pays sec, dénommée *dry farming*, et qui consiste à émietter fortement le sol à sa surface, ne semble pas avoir pour but d'empêcher la remontée de l'eau par capillarité, mais au contraire de faciliter la pénétration dans le sol de la vapeur d'eau provenant de l'évaporation de la rosée. La présence de pierre, sur le sol, qui facilite cette rosée, a été reconnue comme favorisant aussi l'apport d'eau dans le sol.

Un autre mode d'alimentation des eaux souterraines, plus difficile à étudier, est celui dû à l'apport de vapeur d'eau par l'air pénétrant dans le sol sous l'influence du vent ou des variations de la pression atmosphérique.

J'ai entrepris cette étude et je voudrais indiquer aujourd'hui le dispositif que j'ai adopté à ce sujet. On peut utiliser une méthode balistique en utilisant les compteurs d'air ultrasensibles que j'ai décrits dans les *Annales des Services d'Hygiène de la Ville de Paris* en 1931. Malheureusement, pour éviter les mouvements désordonnés de l'aiguille quand il fait beaucoup de vent, on doit opérer à l'intérieur d'une cabane bien abritée du vent, ce qui complique l'opération.

J'utilise actuellement une méthode statique consistant en un manomètre différentiel très sensible formé par la juxtaposition de deux liquides de densité très voisine (eau et alcool benzylique). On peut facilement apprécier, avec cet appareil, une pression d'eau de l'ordre de $12^{\mu}$. Chaque extrémité de ce manomètre est en relation par un tuyau avec une cloche métallique de $400^{mm}$ de diamètre. L'une de ces cloches repose directement sur le sol nu, l'autre est placée sur un plateau en zinc de plus grand diamètre. Les deux cloches sont complètement enfouies dans le sol.

L'expérience apprend que le vent exerce une pression sur chacune de ces cloches et d'autant plus forte que sa vitesse est plus considérable. Cette pression varie de 200 à $400^{\mu}$ (évaluée en eau). Mais elle est généralement moindre sous la cloche dépourvue de plateau, parce que l'air sous pression s'y engouffre. On mesure cette absorption d'air sous cette cloche en envoyant, par un moyen quelconque, un débit d'air connu jusqu'au moment où l'on rétablit la même pression sous les deux cloches. Dans ces conditions, on arrive à engouffrer jusqu'à $50^{m^3}$ d'air par mètre carré et par jour. L'air ainsi engouffré ressort par les parties du sol abritées du vent où l'augmentation de pression due au vent est plus faible et souvent nulle.

Les détails de ces mesures assez délicates seront donnés dans un autre

Recueil. Ce qu'on doit retenir aujourd'hui, c'est que le vent, comme la pression barométrique, favorise l'engouffrement dans le sol de l'air atmosphérique plus ou moins chargé d'humidité. D'où possibilité, par ce moyen, d'un apport d'eau aux nappes souterraines.

ENTOMOLOGIE. — *La longévité chez les larves d'un moustique arboricole.* Note de M. **J. Legendre**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Dans un creux d'orme je récoltai le 7 juillet 1932 des larves, pupes et deux imagos d'un Aède que Roubaud détermina *Ædes geniculatus*.

Larves et pupes furent mises dans une bouteille remplie d'eau prise à même le creux et diluée avec l'eau du robinet. Après éclosion de 4 mâles et de 10 femelles il resta de rares larves qui passèrent l'hiver dans un local non chauffé, où l'eau gèle. Ces larves supportèrent bien l'hiver, ce qui prouve que ce moustique peut se conserver à l'état de larve de l'automne au printemps.

Au 9 juin 1933, onze mois après avoir été récoltées, deux larves survivaient, longues de $2^{mm}$ et $5^{mm}$, très agiles mais ne paraissant pas avoir grandi. Je pensais qu'au cours de l'été elles atteindraient le stade ailé, malgré qu'elles n'aient reçu aucune nourriture artificielle, ou qu'elles périraient. Cependant, fin septembre, les deux larves, toujours aussi alertes, n'avaient pas grandi, ni depuis lors. Au début de décembre, pour éviter la mort possible des larves par congélation de l'eau, je portai la bouteille dans un local obscur chauffé entre 17° et 20°. Elles y ont vécu sans changement apparent jusqu'au 6 janvier 1934, jour où je trouvai la grosse larve morte. Cette larve a donc vécu dix-huit mois en captivité, sans devenir imago ni même pupe.

Quand l'été est très sec, comme en 1933, l'évolution des larves dans les rares gîtes doit se faire au ralenti, car on ne constate pas d'éclosion. Ou bien les femelles mûres retiennent leurs œufs à défaut d'eau à leur convenance, car on ne trouve pas de larves d'*Æ. geniculatus* ni d'*Æ. punctatus* dans les eaux de surface. J'ai montré ([1]) que les femelles mûres de *Culex pipiens*, conservées en tube sec, ont la faculté de retenir leurs œufs jusqu'à ce qu'elles aient de l'eau à leur disposition, il est probable qu'il en est de même chez d'autres espèces. Le ralentissement de la natalité et de la crois-

([1]) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 474.

sance explique pourquoi, pendant un été sans pluies comme en 1933, *Æ. punctatus*, plus commun qu'*Æ. geniculatus*, n'eut qu'une génération tardive, au début d'octobre, alors qu'il en avait eu trois en 1932, été à pluviosité moyenne.

Une longévité larvaire de 18 mois, dont deux étés, ayant pour fin la conservation de l'espèce, existe-t-elle dans la nature? Ce qui précède semble le prouver.

Ou bien l'arrêt de développement est-il dû à la captivité dans un petit volume d'eau? Mais les gîtes naturels, creux d'arbre où *Æ. geniculatus* pond et devient imago, contiennent souvent moins d'eau que la bouteille dont le contenu, 75 centilitres, est d'ailleurs un mélange d'eau du gîte et du robinet.

Chez des larves d'*Anopheles plumbeus*, qu'ils nourrissaient, Roubaud et Colas-Belcour ont vu l'évolution larvaire durer 325 jours, ce qui prouve que l'alimentation n'empêche pas l'asthénobiose.

Cette longévité de deux larves de *Æ. geniculatus*, 18 mois pour l'une, davantage pour l'autre, si elle se produit dans la nature et si elle aboutit à l'insecte parfait, serait un moyen de plus d'assurer la perpétuation de l'espèce quand elle est menacée par des conditions météorologiques ou biologiques défavorables.

Il est nécessaire aux espèces arboricoles de posséder ces formes de résistance, capables de survivre dans les rares gîtes où le volume d'eau est suffisant pour éviter la mise à sec. Cette longévité larvaire paraît être une adaptation de ces espèces à l'étroitesse de leur habitat exclusivement arboricole. Le stade larvaire est, sans doute, la forme la plus résistante, se prêtant mieux que l'imago à la conservation de l'espèce.

Cette constatation d'un cycle biennal de l'œuf à l'imago, faite *in vitro*, au laboratoire, conduit à rechercher s'il existe aussi, *in ligno*, dans la nature.

Les conditions rigoureuses imposées par la nature aux Culicides arboricoles ont encore pour effet l'éclosion en masse des formes ailées. Par exemple, les *Æ. punctatus* s'abattent sur l'homme dans les jardins par groupes pendant deux ou trois jours, puis par individus isolés, pour disparaître jusqu'à l'éclosion suivante. Tandis que les espèces écloses dans les eaux de surface, telles *Culex pipiens* et *Anopheles maculipennis*, si elles sont anthropophiles, se voient dans les maisons sans interruption pendant toute la saison chaude. Le grégarisme des Aédines contraste avec l'individualisme des Anophélines et des Culicines.

Si la longévité larvaire n'est qu'une anomalie résultant de la captivité, il n'en est pas moins intéressant de noter qu'un trouble physiologique aurait pour effet de conférer aux larves un brevet de longue vie, et de rendre leur existence cinq à six fois plus longue que celle des insectes normaux.

ZOOLOGIE. — *Sur quelques-unes des causes qui arrêtent la pénétration des espèces animales dans le canal de Suez.* Note de M. **A. Gruvel**, présentée par M. L. Mangin.

Si l'on met à l'échelle la section du canal de Suez, à la largeur moyenne de 120$^{m}$ et l'étendue de la Méditerranée d'une part et de la mer Rouge, de l'autre, on remarque que cette section représente à peu près celle d'un tube capillaire. Il est certain que, par le fait seul de l'étroitesse du canal, la pénétration des espèces y est déjà assez difficile. Malgré cela, un grand nombre y ont déjà pénétré et même l'ont traversé de bout en bout. D'autres, au contraire, très abondantes pourtant, soit à Port-Saïd, soit dans la baie de Suez, sont encore absolument inconnues dans le canal. Il existe donc des raisons pour lesquelles un certain nombre d'espèces ne peuvent pénétrer dans le canal, et dont quelques-unes ont échappé aux naturalistes qui ont étudié cette question importante.

Ces raisons sont de plusieurs ordres; soit purement mécaniques, soit chimiques.

Parmi les premières, il en est une importante du côté de Port-Saïd. On sait que le canal est limité à l'Ouest par une jetée qui porte la statue de de Lesseps et mesure 6$^{km}$ depuis son enracinement jusqu'à son extrémité. Or le grand courant général qui longe la côte nord-africaine est dirigé *de l'Ouest à l'Est.* Il passe donc à l'extrémité de la jetée et devant le canal de Suez, à 6$^{km}$ par conséquent sans y pénétrer. Les larves pélagiques ou les espèces adultes qui sont entraînées par ce courant (qui peut atteindre 3 nœuds de vitesse) sont donc poussées directement sur la côte de Palestine, sans pouvoir pénétrer dans le Canal.

Ce n'est que lorsque des vents d'Est soufflent pendant un certain temps dans la même direction qu'il se produit, en général, un contre-courant Est-Ouest, qui peut ramener les animaux pélagiques le long de la jetée (côté Est) et de là, dans le canal. Il n'en est pas moins vrai que, en temps normal, les espèces sont rejetées vers la côte palestinienne, sans pouvoir pénétrer dans le canal.

Du côté de Suez, c'est une question chimique qui se pose, et qui est d'une importance capitale, ainsi que M. Portier et Mlle Raffy viennent de le montrer pour les oiseaux de mer. Il s'est établi, depuis déjà un assez grand nombre d'années, à l'ouest de la ville de Suez et sur le bord de la baie du même nom, des usines de distillation d'huiles lourdes. Les déchets ont été longtemps rejetés à la mer et les tanks à mazout déversent encore des matières huileuses dans la rade et dans la baie. Lorsqu'on examine les pierres qui forment les jetées et les coquilles de mollusques morts qui encombrent la vase noire du fond, on trouve, à leur surface, une matière noire ou jaunâtre, due aux dépôts de substances huileuses. Il en résulte que la rade et la baie de Suez sont littéralement empoisonnées par les déchets d'usine et les lavages de tanks à mazout. Aussi, tous les animaux qui peuvent s'éloigner le font et ceux qui ne peuvent pas le faire, meurent; cela veut dire que les poissons quittent, en partie, la baie pour aller se réfugier plus au Sud, tandis que la plupart des Crustacés adultes en font autant et que les mollusques meurent, pour la plupart, sur place. Non seulement la faune de la rade et de la baie a considérablement diminué, mais ces substances huileuses forment un véritable barrage aux espèces venant de la baie ou du golfe de Suez et, par conséquent, de la mer Rouge, qui ne peuvent plus, que difficilement, pénétrer dans le canal.

Enfin, on sait que la salinité des eaux du grand lac et du petit lac Amers et de leurs abords dans le canal est beaucoup plus élevée *au fond* qu'en surface où elle est à peu près la même sur toute la longueur du canal. Parmi les larves d'Invertébrés (Crustacés, Mollusques et Échinodermes, en particulier), il en est qui se tiennent à la surface ou près d'elle; il en est d'autres qui descendent à une certaine profondeur. Presque toutes ces larves sont extrêmement sensibles aux variations de salinité et beaucoup meurent dans une eau de salinité exagérée.

Il en résulte que les espèces à larves démersales, qui se trouvent en contact avec une eau d'une salinité élevée sont arrêtées ou tuées, tandis que celles qui se tiennent en surface se trouvent dans une eau de salinité à peu près normale, peuvent passer sans difficulté.

L'excès de salinité de l'eau du fond dans une partie du canal constitue donc également une barrière presque infranchissable pour les espèces à larves démersales.

Si l'on ajoute à ces causes de raréfaction de la faune, le fait de la pêche intensive, avec des filets à mailles trop faibles dans l'intérieur du canal et des lacs, on peut conclure que, dans un temps relativement rapproché, la

faune marine du canal de Suez sera certainement très diminuée, d'une part par les différentes causes qui arrêtent la pénétration des espèces, d'autre part la destruction industrielle de la faune ichthyologique, en particulier.

PHYSIOLOGIE. — *Rapporteur à index.* Note (¹) de M. **Gabriel Bidou**, transmise par M. d'Arsonval.

Qu'il s'agisse d'une observation clinique, d'une expertise médico-légale ou de l'évaluation du travail fourni par la musculature humaine, à propos du déplacement d'un membre, il est indispensable que l'on puisse mesurer exactement l'amplitude du mouvement du membre humain.

Or cette évaluation est pratiquement impossible avec un compas d'angle, étant donné les difficultés qu'il y a d'obtenir simultanément la coïncidence d'angle des branches du compas avec celui des membres, et du point d'articulation de l'instrument avec celui des articulations humaines.

Pour résoudre ce problème difficile, j'ai construit un petit instrument de mesure dénommé *rapporteur à index.* Cet appareil se compose essentiellement d'une plaque métallique, portant un quadrillage en centimètres et en millimètres, sur laquelle est fixé un rapporteur transparent. Au centre du rapporteur, se trouve une pièce oscillante, percée selon son axe horizontal, d'un trou, dans la lumière duquel peut coulisser une aiguille. Le rayon du rapporteur est de $10^{cm}$.

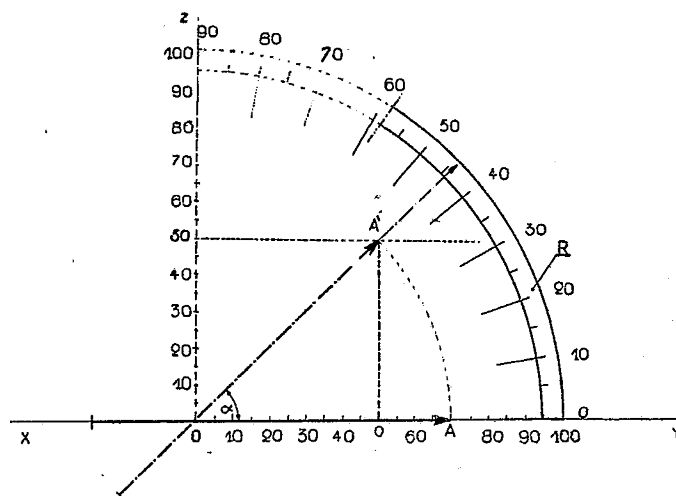
Les dispositifs accessoires nécessaires à la prise des mesures d'angle sont : une réglette graduée, un fil à plomb, une réglette graduée.

*Utilisation* : 1° Mesure d'un angle. Mesurons par exemple l'angle décrit par le membre inférieur dans sa flexion sur le bassin.

Le patient est couché en decubitus dorsal sur une table. Par le point articulaire coxo-fémoral, on fait passer la verticale donnée par le fil à plomb. Sur la cuisse on a repéré, à l'aide d'une réglette graduée, une distance quelconque, mais de longueur connue, soit OA égale à $40^{cm}$. O étant le point fixe articulaire. Le malade fléchit le membre. Au moment où il a atteint son maximum d'amplitude, on mesure avec la réglette la distance horizontale qui sépare le point A, marqué sur la peau du patient et le fil à plomb.

(¹) Séance du 19 mars 1934.

Nous avons alors deux données : *a*. une longueur de levier; *b*. le chemin parcouru par cette longueur de levier, soit 30$^{cm}$. Il suffit maintenant de prendre le rapporteur à index et de répéter avec l'aiguille le même geste. L'aiguille sera donc amenée à la longueur horizontale 40, puis on la fera pivoter sur son axe jusqu'à ce qu'elle atteigne la hauteur 30. A ce moment, il suffira de pousser l'aiguille dans son logement jusqu'à ce qu'elle vienne au contact de la graduation du rapporteur et on lira : 48°.




2° Pour connaître le sinus et le cosinus de cet angle, on lira : la distance verticale de la pointe de l'aiguille à la ligne O et l'on trouvera sinus = 0,74, et la distance horizontale de la pointe de l'aiguille à la verticale O et l'on trouvera cosinus = 0,67. La connaissance du cosinus est importante, car elle permettra de calculer le travail fourni par une force extérieure, un muscle artificiel, par exemple, s'exerçant sur un membre en vue de son déplacement $T = F.l.\cos\alpha$. Le poids du membre étant connu par sa réaction dynamométrique.

3° Enfin, le rapporteur à index donne également à simple lecture la valeur du chemin parcouru par un levier membre.

Supposons, en effet, qu'il soit besoin de connaître la valeur énergétique des muscles locomoteurs d'un malade en fonction du mouvement de marche. Nous mesurerons la longueur du levier humain, et nous supposerons qu'elle soit de 85$^{cm}$. Admettons que le patient fait un pas d'une longueur de 30$^{cm}$ (ou supposons qu'il ferait un pas de cette longueur). Le rapporteur nous dira de suite que la projection de l'arc de cercle décrit

par le levier dans le chemin parcouru est égale à $6^{cm}$. La réaction du dynamomètre, sous la charge du membre, sera supposée égale à $4^{kg}$.

Nous aurons alors : $T = F.é$, soit travail $= 4^{kg} \times 0,06 = 0^{kgm},24$. Le travail que devra fournir la musculature du patient pour faire un pas d'une longueur de $30^{cm}$ sera de $0^{kgm},24$.

Voilà donc un petit appareil d'un maniement facile, qui permet, à simple lecture, de connaître la valeur de l'angle décrit par un levier, avec la seule donnée du chemin parcouru dans son déplacement, par rapport à la verticale.

Il donne en même temps la valeur des sinus et des cosinus des angles trigonométriques, ainsi que les chemins parcourus par un levier dans ses déplacements horizontal et vertical.

Il met à la portée du technicien, de l'expert et même de l'ingénieur, un moyen certain de préciser ses impressions et d'évaluer les données de bien des problèmes.

PHYSIOLOGIE. — *Existe-t-il, parmi les protéides, des substances génératrices de déséquilibre alimentaire?* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. A. Desgrez.

Ainsi que nous l'avons établi antérieurement, certains glucides peuvent, quand ils sont présents en forte proportion dans un régime, devenir des causes de déséquilibre alimentaire. Un tel déséquilibre se traduit, chez le pigeon, malgré l'adjonction de doses quotidiennes élevées de vitamines B à la ration, par l'apparition plus ou moins rapide de crises polynévritiques, bientôt suivies de mort. Cependant les mêmes glucides se montrent capables d'assurer une survie pratiquement indéfinie des animaux quand ils sont incorporés dans des rations de constitutions différentes, parfois réalisant un équilibre alimentaire très strict. Le galactose (1), le lactose (2) et, à un degré moindre, le lévulose (3) entrent notamment dans cette catégorie de substances.

Nous nous sommes proposé de rechercher s'il existe également, parmi les protéides, des substances douées de propriétés analogues. Déjà, la peptone de muscle nous ayant fourni quelques résultats pouvant être inter-

(1) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1068.
(2) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1188.
(3) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1155.

prétés dans ce sens (¹), nous avons dirigé nos investigations nouvelles sur les peptones pepsiques et pancréatiques d'ovalbumine, de muscle et de fibrine.

Le régime utilisé comportait une très forte proportion de protéides afin de mettre en évidence les causes de déséquilibre possibles; sa composition centésimale est donnée ci-après : peptone à essayer, 82; graisse de beurre, 4; mélange salin, 4; agar-agar, 8; papier filtre, 2.

Six lots de pigeons adultes, de 350ᵍ environ, furent constitués, correspondant aux six peptones mises en œuvre, et chaque animal reçut, par gavage, 20ᵍ de ration, quantité énergétiquement satisfaisante. Trois séries furent en outre organisées dans chacun des lots, lesquelles reçurent, par jour et par animal, des additions respectives de 0ᵍ, 1ᵍ et 4ᵍ de levure de bière desséchée, source préalablement éprouvée de vitamines B.

Les survies des pigeons obtenues dans ces conditions sont données, en jours ou en mois, dans le tableau ci-dessous, ainsi que la teneur en chlorure de sodium pour 100 des peptones employées :

| Nature de la peptone formant 82 pour 100 du régi . | Dose quotidienne de levure. 0ᵍ. | 1ᵍ. | 4ᵍ. | Na Cl ur 100. de peptone. |
|---|---|---|---|---|
| Lot I : Peptone pepsique d'ovalbumine.... | 17-30 j. | 17-30 j. | 17- 35 j. | 17,65 |
| Lot II : Peptone pancréatique d'ovalbumine. | 17-30 j. | 40-75 j. | 60-100 j. | 1,98 |
| Lot III : Peptone pepsique de muscle....... | 20-35 j. | 50-90 j. | >4 mois | 0,81 |
| Lot IV : Peptone pancréatique de muscle.... | 20-35 j. | 50-90 j. | >4 mois | 2,39 |
| Lot V : Peptone pepsique de fibrine....... | 30-55 j. | >4 mois | >4 mois | 7,92 |
| Lot VI : Peptone pancréatique de fibrine.... | 30-55 j. | >4 mois | >4 mois | 2,78 |

Comme on le voit, l'addition journalière de 1ᵍ de levure de bière (fournissant une dose de vitamines B très largement satisfaisante) a suffi à compléter les rations à base de peptones de fibrine. Il ne saurait, dans ce cas, être question de déséquilibre. Il n'en fut pas de même avec les régimes à base de peptones de muscle et surtout d'ovalbumine; les animaux n'étant plus protégés par 1ᵍ de levure succombèrent alors, plus ou moins rapidement, à la suite de crises de polynévrite. Avec addition de 4ᵍ de levure, des différences notables furent observées : les régimes à base de peptones pepsique et pancréatique de muscle se trouvèrent complétées (il se peut d'ailleurs que les protéides de la levure moins rapidement assimilables que ceux des peptones interviennent pour une

(¹) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1267.

part dans cette rééquilibration); par contre, le régime à base de peptone pancréatique d'ovalbumine, dont le déséquilibre apparaissait déjà plus manifeste, ne permit que des survies de 2 à 3 mois. Dans le cas de la peptone pepsique d'ovalbumine, un facteur nouveau intervint (l'excès de chlorure de sodium), accentuant le déséquilibre. En effet, l'introduction de 12 pour 100 de chlorure de sodium dans les régimes à base de peptones pepsique ou pancréatique de muscle aboutit également à des survies de 17 à 30 jours seulement.

Le cas de la peptone d'ovalbumine (exagérément chlorurée) étant mis à part, les diverses peptones furent au cours de nouvelles expériences, faites aussi sur le pigeon, incorporées dans un régime de type différent, donné ci-après :

Peptone à essayer, 50; graisse de beurre, 6; huile d'olive, 23; mélange salin, 6; agar-agar, 10; papier filtre, 3; paraffine, 2.

Ce régime, énergétiquement suffisant à la dose de $15^g$ par jour, s'est montré parfaitement complété, pour toutes les peptones, avec des doses de $0^g,75$, $1^g$, $3^g$ et $4^g$ de levure de bière.

*Conclusions.* — I. Certains protéides, introduits en très forte proportion dans le régime, peuvent devenir une cause de déséquilibre alimentaire, notamment les peptones d'ovalbumine et, à un degré moindre, les peptones de muscle.

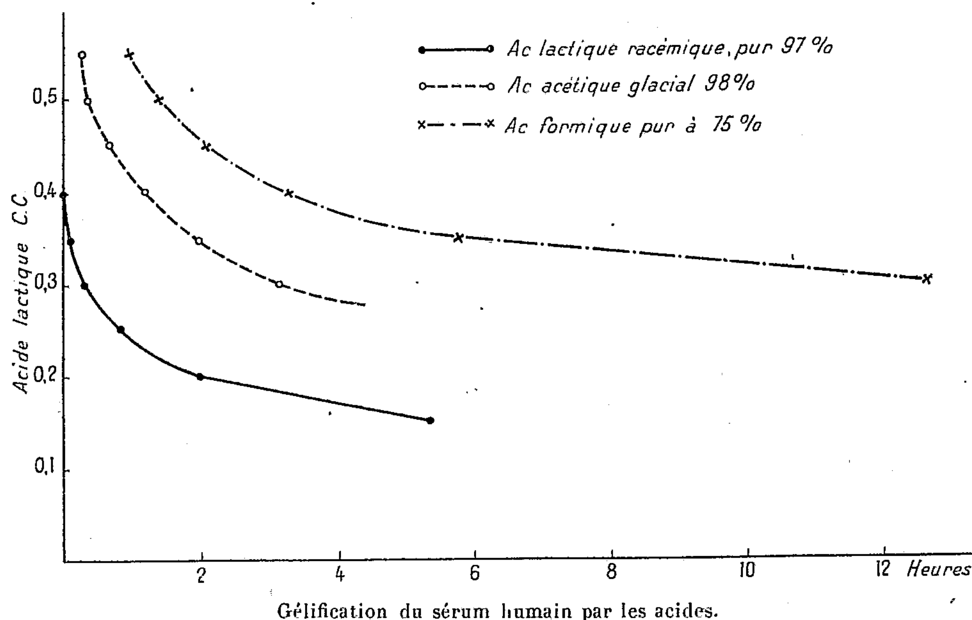
II. L'excès de chlorure de sodium apporté par certaines peptones pepsiques, accentuant le déséquilibre, peut devenir une cause d'erreur dans l'interprétation des résultats.

III. Le déséquilibre amené dans une ration par la source de protéides ayant l'action la plus nette (peptone d'ovalbumine) se montre, en l'absence d'un excès de chlorure, inférieur au déséquilibre provoqué, dans des conditions analogues, par certains glucides, tels que le galactose et le lactose.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *La gélification du sérum par les acides organiques.* Note de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait que le sérum sanguin soumis à l'action de la chaleur se trouble et prend un aspect gélatineux. On a signalé également plusieurs cas de formation d'un coagulé gélatineux par l'addition de diverses substances.

Ainsi, en 1911, en préparant un hydrosol de cuivre, nous avons observé que l'introduction dans l'albumine sérique du sulfate de cuivre donne lieu à un précipité gluant (¹); en 1916, Mac Donagh a fait des constatations semblables avec les sels de thorium et de lanthane, mêlés à l'acide acétique; en 1917, Bruck arrive à des résultats analogues, en utilisant l'acide azotique, l'acide lactique et l'alcool éthylique; en 1926, Vernes et Bricq signalent l'apparition de précipités gélatineux par les sels de fer et par les aluns, en particulier. Mais, dans aucun de ces cas, on n'a pas mis en évidence




Gélification du sérum humain par les acides.

une véritable gélification du sérum sanguin. Une telle gélification fut signalée par Gaté et Papacostas, en 1920, avec le formol de commerce; toutefois, elle n'a pas pu être reproduite ni par Ecker, en 1921, ni par nous-même, soit avec le formol pur, soit avec du formol commercial, contenant de l'alcool méthylique.

Récemment, en étudiant l'action phylactique de l'acide lactique, nous avons été frappé par l'augmentation considérable de la viscosité sérique que cet acide provoque en concentration de 6,0 pour 100 (²); en employant des doses plus fortes, nous sommes parvenu à gélifier le sérum sanguin

(¹) W. Kopaczewski et Gaube du Gers, *Koll. Zeit.*, 9, 1911, p. 239.
(²) W. Kopaczewski, *Bull. Soc. Thérap.*, 38, 1933, p. 241.

d'une façon parfaite, et, pour une dose appropriée, cette gélification fut instantanée.

L'acide lactique n'est pas le seul acide organique susceptible de gélifier le sérum; l'acide acétique glacial, l'acide formique et peut-être d'autres acides, le peuvent également; mais cette gélification est de beaucoup plus lente, surtout par l'acide formique (voir la figure).

*Les caractères de cette gélification* sont particulièrement intéressants :

1° Le gel obtenu est totalement *transparent*, ainsi que l'on peut s'en assurer par des mesures néphélémétriques à l'aide d'une pile photoélectrique à couche semi-conductrice. Mais, à la longue ce gel se trouble, ce qui semble démontrer qu'un processus de grossissement micellaire, secondaire, suit cette gélification. Il y a là un indice en faveur d'une différenciation entre les deux phénomènes.

2° *La rapidité* de la gélification est peu modifiée par la conservation du sérum comme l'indique le tableau ci-dessous :

*La gélification du sérum humain par l'acide lactique et l'âge du sérum.*

| Concentrations. | Temps de gélification du sérum, conservé à 20° C. (en minutes). 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 8 jours. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,5 $cm^3$ de sérum + 0,40 $cm^3$ ac. lactique.. | 15 | 20 | 20 | 20 | 25 | 30 | 25 |
| » 0,35 » .. | – | | 30 | 35 | 50 | 60 | 40 |
| » 0,30 » .. | 20 | – | 70 | 80 | | | – |
| » 0,25 » .. | 90 | – | 110 | 120 | | 180 | 160 |

3° *La température* n'influence pas nettement la gélification, dans les limites expérimentées (10 à 20° C.).

4° *La présence de globules rouges* en suspension, en nombre faible, semble sans importance; par contre, la gélification paraît accélérée avec du sérum contenant une faible quantité de globules rouges laqués; on observe alors un virage au brun noirâtre.

5° Nous avons effectué quelques déterminations du temps de gélification du sérum sanguin par l'acide lactique pur, racémique, dans quelques *états pathologiques :* dans la *syphilis* elle est, peut-être, accélérée; dans le *cancer* le phénomène revêt une allure particulièrement rapide : pour des concentrations appropriées le décalage atteint plusieurs heures.

Nous poursuivons activement ces recherches, afin d'étayer ces conclusions préliminaires par un plus grand nombre de cas examinés.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Mode de transmission et de propagation de la spirochétose provoquée par le* Spirochæta muris *et le* Spirochæta morsus-muris. Note (¹) de M. C. **Levaditi**, M^lle^ **R. Schœn** et M. **A. Vaisman**, présentée par M. F. Mesnil.

Au cours de nos recherches sur l'hérédité de la syphilis expérimentale de la souris, il nous a été donné de préciser le mode de transmission et de propagation de l'infection provoquée chez les Muridés par le *Spirochæta* (*Treponema*) *muris* (*Sp. laverani*, *Sp. minus*). Ce parasite, vu pour la première fois par Vandyke Carter aux Indes (1887), trouvé en 1905 par Borrel dans les néoplasmes de la souris, étudié depuis par divers auteurs (Breinl et Kinghorn, Wenyon), est étroitement apparenté au *Spirochæta morsus muris* de Futaki, Takaki, Taniguchi et Osumi, agent pathogène du *Sodoku*, maladie humaine transmise par les morsures des rats. De là l'intérêt de nos constatations relatives au mode de propagation de la spirochétose déterminée chez la souris par *Sp. muris*.

On admet que le *Sodoku* se transmet habituellement du rat à l'homme et de muridé à muridé, par des morsures, attendu que le parasite a été décelé dans la salive des animaux contaminés (Ishivara). Par ailleurs, Salimbeni, Kermorgant et Garcin (²) ont montré que le Sodoku peut se transmettre héréditairement chez le cobaye, de la mère aux rejetons (distrophies et présence de parasites dans le sang de ces rejetons 3 jours après la naissance). Enfin, d'après une observation relatée par Boidin [cf. Troisier et Clément (³)], un sujet humain se serait contaminé en ingérant de la chair crue de rat. Ainsi, transmission par morsure, par voie transplacentaire ou par ingestion, paraissent être les seuls modes envisagés (les uns certains, les autres probables) de propagation du Sodoku.

Or voici ce que révèlent nos recherches :

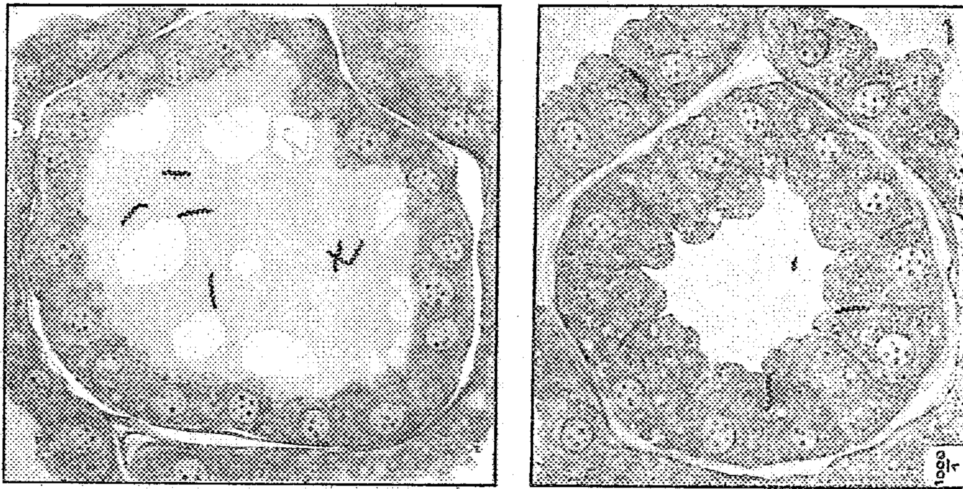
En examinant par la méthode de Dieterlé (imprégnation argentique) les glandes mammaires en lactation de souris blanches, soit en cours de gestation, soit après avoir mis bas des rejetons viables, il nous a été donné de révéler la présence du *Spirochæta muris* dans ces glandes. Les parasites,

(¹) Séance du 19 mars 1934.

(²) Salembeni, Kermorgant et Garcin, *C. R. Soc. de Biologie*, 93, 1925, p. 337.

(³) Troisier et Clément, *Bull. Soc. méd. Hôp. Paris*, 44, 1922, p. 542 et 549.

d'un aspect absolument caractéristique (voir figure), s'insinuent entre les cellules glandulaires pour pénétrer dans la lumière des acini et s'y multiplier. Dans le même élevage, nous avons recueilli de semblables constatations onze fois sur les onze animaux examinés. Il importe de préciser que, chez aucun de ces sujets à glandes mammaires contaminées, il ne nous a pas été possible de déceler le *Sp. muris* dans le sang, les ganglions lymphatiques ou les organes. Ce qui prouve que les parasites intraglandulaires étaient bien des *Sp. muris*, c'est que, dans un cas, l'inoculation des glandes mammaires périganglionnaires de la région de l'aine, pratiquée à des souris neuves, leur a conféré une spirochètose sanguine typique.



*A gauche*, Souris 351 B, en gestation. Glande mammaire : présence de *Spirochæta muris* dans la lumière glandulaire. — *A droite*, même souris, *Spirochæta muris* entre les cellules épithéliales de la glande mammaire. Gross. 1000/1.

Ces constatations plaident donc en faveur de la transmission de l'infection par ingestion du lait contaminé. En fait, nous avons constaté que, chez deux rejetons âgés de 11 jours, issus d'une mère à glandes mammaires parasitées, le rein (à l'exclusion du sang et des autres organes) contenait des spirochètes. Les germes étaient disposés entre les tubes excréteurs, surtout au niveau de la papille rénale.

Mais il y a plus. Chez deux souris, dont l'une était en gestation, la méthode de Dieterlé a permis de déceler le *Sp. muris* dans l'utérus et dans le placenta. Les parasites étaient disséminés entre les fibres musculaires des cornes utérines, au voisinage des glandes de l'endomètre et autour des

vaisseaux placentaires. Cette constatation [à rapprocher des faits relatés par Levaditi, Hornus, Schœn, Manin et Vaisman, concernant la présence du *Treponema pallidum* dans l'utérus et l'ovaire virulents des souris atteintes de syphilis expérimentale inapparente (¹)], laisse présumer que la contamination de l'embryon pourrait s'effectuer lors de la nidation intrautérine de l'œuf fécondé.

*Conclusions.* — 1° La propagation de l'infection provoquée par le *Spirochæta muris* peut avoir lieu chez les muridés, après ingestion de lait sécrété par des glandes mammaires contaminées;

2° La présence du *Sp. muris* dans l'utérus et le placenta de souris à glandes mammaires infectées précisent le mécanisme de la transmission héréditaire de la maladie, transmission démontrée par les recherches de Salimbeni, Kermorgant et Garcin (*loc. cit.*) sur le *Sodoku* du cobaye.

## PATHOLOGIE COMPARÉE. — *La grippe des porcelets.* Note de MM. J. Verge et H. Lance, présentée par M. E. Leclainche.

La grippe des porcelets, encore appelée influenza, est une affection contagieuse, inoculable, essentiellement caractérisée par des phénomènes généraux graves, de la toux et des localisations pulmonaires ou hépatisation des lobes antérieurs du poumon.

Reconnue en Amérique dès 1918, elle est appelée *swine-influenza* ou *hog-flu* par les auteurs de langue anglaise, *Ferkelgrippe* par les vétérinaires allemands. Elle est signalée aux Etats-Unis (Shope, Lewis et Shope) et en Allemagne (Waldmann, Köbe). Nous venons de l'identifier tout récemment dans la région du Jura.

Au point de vue bactériologique, la maladie constitue un complexe jusqu'alors inconnu chez nos animaux, puisqu'elle est due aux actions étroitement associées : d'un ultra-virus d'une part, d'une bactérie (*Hemophilus influenzæ suis*) d'autre part.

Les constatations cliniques ont été effectuées par nous, dans une très

(¹) Levaditi, Hornus, Vaisman et Schœn, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 798; Levaditi, Schœn, Manin et Vaisman, *Comptes rendus Soc. de Biologie*, 114, 1933, p. 687; *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1364.

importante exploitation comprenant à la fois une porcherie d'élevage en plein air (environ 120 truies) et une porcherie d'engraissement, filiale de la première. Les sujets malades sont âgés de deux à six semaines : leur appétit est irrégulier, nettement diminué; l'amaigrissement est constant. Le signe le plus important consiste en l'apparition d'une toux quinteuse, spasmodique, persistante, avec respiration saccadée. Les soies sont ternes, hérissées; la peau est sale. La mortalité est d'environ 1,5 pour 100; mais, aggravant le pronostic, certains animaux demeurent malingres, chétifs et souffreteux, malgré la guérison apparente de l'infection.

Les lésions relevées à l'autopsie traduisent surtout l'atteinte du parenchyme pulmonaire : îlots d'hépatisation au niveau des lobes antérieurs, ainsi qu'en certains points des lobes postérieurs; œdème et hypertrophie légère des ganglions annexes : trachéo-bronchiques et rétro-pharyngiens.

Nous avons ensemencé systématiquement, en différents milieux solides et liquides (aérobies, anaérobies et milieu de Legroux à l'extrait globulaire), la rate, la moëlle osseuse, ainsi que le suc pulmonaire prélevé au niveau des foyers de pneumonie. Chez trois porcs, les seuls pour lesquels les recherches bactériologiques aient été instituées, nous avons mis chaque fois en évidence *Hemophilus influenzæ suis*. Parallèlement à ce germe, nous avons isolé un pneumocoque (2 fois) et *Pasteurella suiseptica* (1 fois).

*Hemophilus influenzæ suis* est un bacille fin, immobile, non sporulé, Gram négatif, se développant bien sur gélose au sang et sur gélose-extrait globulaire, mais ne poussant point sur les milieux ordinaires de culture. Au microscope, nous avons rencontré des formes courtes et des formes plus longues, légèrement flexueuses, ainsi que l'ont nettement souligné Waldmann, Köbe et Kirchenbauer.

*H. influenzæ suis* se développe sous l'aspect de très petites colonies bleutées, transparentes, ayant les dimensions d'une tête d'épingle. Sa vitalité est très faible. En effet, malgré des repiquages fréquents (tous les 2 ou 3 jours) nous avons été incapables de conserver nos trois souches dès que nos milieux à l'extrait globulaire se sont montrés dépourvus d'eau de condensation [1]. Kirchenbauer signale d'ailleurs tout récemment la même particularité.

---

[1] Le phénomène s'est également rencontré dans l'entretien de nos souches de *Bacillus pyogenes suis*.

Est-ce à dire que les porcs infectés, par nous examinés, étaient bien atteints de grippe ? Sans doute manque-t-il à nos recherches, pour emporter la conviction, la démonstration cruciale de l'ultra-virus de Shope. Néanmoins, la mise en évidence d'un germe aussi nettement caractérisé que *Hemophilus, influenzæ suis* nous a semblé digne de remarque et nous pensons, malgré l'inperfection de nos travaux et les objections qu'ils peuvent soulever, que la grippe des porcelets était bien en cause. Notre désir, en la signalant pour la première fois aujourd'hui en France, est de susciter de nouvelles recherches qui ne tarderont pas, nous en sommes sûrs, à apporter la preuve définitive de son existence dans notre pays.

La séance est levée à 16h.

E. P.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DU MOIS DE JANVIER 1934 (*suite et fin*).

*Physical Constants*, par W. H. J. CHILDS. London, Methuen and Cie Ltd, 1934; 1 vol. 17cm,5.

*Electromagnetic Waves*, par F. W. G. WHITE. London, Methuen and Cie Ltd, 1934; 1 vol. 17cm,5.

*La coordination des atomes dans la molécule et la symbolique chimique*, par G. URBAIN. Paris, Hermann et Cie, 1933; 2 fasc. 25cm,5.

*Spectres d'absorption visibles et ultraviolets des solutions. Technique de leur emploi au laboratoire de chimie*, par M. CHATELET. Paris, Hermann et Cie, 1933; 1 fasc. 25cm,5.

*La structure de la cellulose dans ses rapports avec la constitution des sucres*, par G. CHAMPETIER. Paris, Hermann et Cie, 1933; 1 fasc. 25cm,5.

*Mécanique quantique et Chimie*, par G. ALLARD. Paris, Hermann et Cie, 1934; 1 fasc. 25cm,5.

*Aide-Mémoire de Chimie appliquée*, par D. SIDERSKY. Paris et Liège, Ch. Béranger, 1934; 1 vol. 18cm,5.

*Études et observations géologiques sur la Méditerranée occidentale :*

— Volume II : *Géologie de la Méditerranée occidentale.* Partie II, nos 5-14 (1932);

— Volume III : *Géologie des pays catalans*, Partie III, nos 23, 27, 28 (1933); Partie V, no 1 (1933);

— Volume IV : *Géologie des chaînes bétique et subbétique.* Partie I, no 1 (1933); Partie II, no 1 (3e livraison, 1932; 4e livraison, 1933); no 2 (2e livraison, 1933);

— Volume V : *Géologie des chaînes Nord-africaines.* Partie I, nos 2 et 9 (1933). Barcelone, Verdaguer; 11 fasc. 26cm.

*Montserrat. Esquisse physiographique illustrée de la montagne avec la bibliographie géologique de l'Espagne*, publiée à l'occasion et à la suite du XIVe Congrès géologique international. Barcelone, 1933; 1 fasc. 26cm.

*De quelques méthodes en morphologie*, par A. MAGNAN et A. SAINTE-LAGÜE. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 27cm. (Présenté par M. H. Villat.)

## *ERRATA.*

(Séance du 12 mars 1934.)

Note de M. *A. Rauch*, Remarques sur les fonctions holomorphes dans un angle et les algébroïdes méromorphes dans le plan :

Page 1012, ligne 23, et page 1013, ligne 3, *au lieu de* $\sin k(\theta_1 - \theta_0)$, *lire* $\sin k(\theta_1 - \theta_2)$.

(Séance du 19 mars 1934.)

Note de M. *René Reulos*, Comment retrouver les lois de l'électrodynamique à partir de certaines solutions de l'équation des ondes électriques :

Page 1138, ligne 12, *au lieu de* $(b_2 \sin\theta +$, *lire* $(b_2 \sin^2\theta +$; ligne 27, *au lieu de* $+ a_2 \cos\theta \cos\theta'] =$, *lire* $+ a_2 \cos\theta \cos\theta'] ds\, ds' =$.

Page 1139, ligne 2, *au lieu de* $dF_x = \frac{ii'}{r^2}$, *lire* $dF_x = ii' \frac{x}{r^3}$; ligne 13, *au lieu de* $= H_z i\, dy' - H_y i\, dz'$, *lire* $= H_z i'\, dy' - H_y i'\, dz'$; ligne 22, *au lieu de* $= -3a_2 n$, *lire* $= -3a_{2n}$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU MERCREDI 4 AVRIL 1934.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 23 mars 1934, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Émile Schribaux** pour occuper dans la Section d'Économie rurale la place vacante par le décès de M. *A. Calmette*.

Il est donné lecture de ce décret.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur M.* William Morris Davis, *Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation*, par M. **Emm. de Margerie.**

Le professeur William Morris Davis, Correspondant de la Section de Géographie et Navigation depuis 1913, et décédé le 5 février dernier, était né à Philadelphie (Pennsylvanie) le 12 février 1850.

Après avoir pris part, à l'âge de 19 ans, à une expédition scientifique que le professeur J. D. Whitney dirigeait dans les Montagnes Rocheuses du Colorado, il conquérait, en 1870, le diplôme d'ingénieur des Mines à l'Université Harvard; la même année, il suivait l'astronome B. A. Gould, en qualité d'assistant, à l'Observatoire de Cordoba (République Argentine), poste qu'il conservait jusqu'en 1873. Bientôt après, sous l'influence du grand animateur que fut, à Cambridge, le géologue N. S. Shaler, Davis obtenait (1877) le titre d'instructeur dans la célèbre Université, où il devait gravir ensuite tous les échelons, jusqu'en 1912, date de sa mise à la retraite et de sa nomination de professeur honoraire.

C'est là que, pendant 35 ans, il a donné sa mesure, en se prodiguant dans

l'enseignement de la Géographie, sous toutes ses formes, et en inspirant un enthousiasme fécond à de nombreuses générations d'étudiants. L'influence de sa méthode et des doctrines auxquelles son nom demeure attaché a été considérable, non seulement aux États-Unis, où elle était rapidement devenue prépondérante, mais jusqu'en Europe, où Davis avait fait de fréquents voyages d'études, et où il fut même invité, à deux reprises, à donner une série de cours publics (Berlin, 1908-1909; Paris, 1911-1912).

Doué d'une puissance de dialectique remarquable, Davis était en même temps un dessinateur habile, et il a lui-même illustré la plupart des travaux émanant de sa plume de figures au trait dont la qualité apparaît comme absolument hors de pair. Voyageur infatigable, il profitait de toutes les occasions pour parcourir des régions nouvelles, et il en rapportait toujours des documents précieux. C'est ainsi qu'après l'Amérique méridionale, il explora successivement l'Inde, l'Égypte, l'Afrique du Sud, l'Asie Centrale (Mission Pumpelly, 1903), les plateaux de l'Arizona, les bassins fermés de l'Utah et du Nevada, et enfin la plupart des archipels du Pacifique, où il recueillit les éléments d'un Ouvrage capital sur les récifs coralliens (1928), dans lequel se trouvaient remises en honneur les vues de Darwin, et d'une captivante étude, publiée en France même, sur la Nouvelle-Calédonie.

Mais c'est dans l'analyse du modelé du sol que la personnalité de Davis a marqué son empreinte de la façon à la fois la plus originale et la plus profonde : adoptant les principes qui venaient d'être formulés avec éclat par ses compatriotes J. W. Powell et G. K. Gilbert, il partait de la notion du *niveau de base* pour s'élever jusqu'à la conception des *pénéplaines* et des *cycles d'érosion*, et en déduire les caractéristiques des phases successives qui répond à l'état actuel des diverses parties de la surface des Continents. Les trois termes qui lui servaient à résumer l'essentiel de son système : *structure, process, stage*, rappellent d'ailleurs, sur un autre plan, la formule fameuse dans laquelle Hippolyte Taine, quelque vingt ans plus tôt, avait cru pouvoir enfermer tous les éléments de l'Histoire humaine : *la race*, *le milieu*, *le moment*....

Quoi qu'il en soit de cette analogie, la méthode d'analyse de Davis a permis de classer pour la première fois les principaux accidents du relief terrestre, en leur assignant à chacun une place dans un cadre systématique nettement défini; elle a fourni un puissant moyen d'investigation pour reconstituer, dans un grand nombre de cas, l'évolution des surfaces émergées, évolution sur laquelle la Géologie stratigraphique, laissant le sol au moment où il sort du sein des eaux, restait nécessairement muette. Enfin,

et surtout, du point de vue philosophique — on l'a remarqué depuis longtemps —, elle représente « un progrès réel dans la compréhension de l'Univers, une substitution de plus à enregistrer du déterminisme rationnel à l'empirisme aveugle ».

Interprète sagace des cartes topographiques à grande échelle, Davis a, plus d'une fois, proposé des hypothèses explicatives sur des régions qu'il n'avait jamais vues, mais dont l'examen direct a, par la suite, démontré la justesse. Son Mémoire bien connu sur *La Seine, la Meuse et la Moselle*, publié dans les *Annales de Géographie* en 1895, peut être cité, dans ce genre, comme une réussite particulièrement brillante. Albert de Lapparent avait, aussitôt, mis son talent d'exposition au service de ces idées nouvelles, et l'on sait avec quel succès ce maître les a rendues familières aux lecteurs de ses *Leçons de Géographie physique*, après en avoir fait ressortir, ici même, le puissant intérêt.

A côté de ses fonctions universitaires, Davis avait été attaché, de 1890 à 1915, à l'*United States Geological Survey*. C'est comme collaborateur de ce grand Service qu'il a minutieusement étudié et décrit le fossé tectonique de la vallée du Connecticut et les failles multiples qui en découpent le remplissage. Il avait, en outre, appartenu au personnel du *Northern Transcontinental Survey*, en explorant, pour le compte d'une Compagnie de chemins de fer, la région du Haut Missouri (1903).

En dehors des problèmes géomorphologiques, sur lesquels les travaux de Davis ont projeté une si vive lumière, notre collègue s'intéressait particulièrement à la Météorologie, dont il a contribué plus que personne à développer l'enseignement aux États-Unis, allant jusqu'à exposer lui-même les principes de cette branche de la science dans un Traité (1894) qui est très vite devenu classique.

Retiré, à la fin de sa laborieuse et toujours active existence, à Pasadena (Californie), Davis était l'un des directeurs de l'*American Journal of Science*. On peut dire que, jusqu'au bout, il est resté sur la brèche, sa mort ayant suivi un refroidissement contracté au cours d'une série de conférences qu'il était venu donner à New York, en plein hiver, malgré ses 83 ans révolus.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'éclairage des routes.* Note de M. L. LECORNU.

Pour faciliter la circulation nocturne sur certaines routes très fréquentées, on dispose maintenant, le long de ces routes, des fanaux dont chacun est constitué par une source de lumière et un miroir courbe qui renvoie vers le sol, en le répartissant convenablement, le faisceau des rayons réfléchis. Il s'agit de déterminer la position et la forme du miroir d'après l'effet que l'on veut obtenir. En se bornant au cas théorique d'une source ayant des dimensions négligeables vis-à-vis de sa distance au miroir, ce problème peut, quel que soit le faisceau, être résolu de la façon suivante.

Les rayons issus d'une source ponctuelle O sont toujours, après réflexion sur un miroir quelconque, normaux à une famille de surfaces parallèles S (surfaces d'ondes).

Choisissons le faisceau réfléchi de manière à réaliser l'éclairage désiré, compte tenu de la configuration de la route (tracé en plan, pente, profil en travers) et aussi de la nature de la chaussée ainsi que du voisinage d'autres fanaux. Ceci fait, chaque rayon détermine les coordonnées rectangulaires $x_0, y_0$ du point où il perce un plan horizontal situé, par exemple, au voisinage du sol. Les cosinus directeurs $a$, $b$, $c$ du rayon, rapportés aux axes situés dans ce plan et à un axe vertical ascendant, sont fonctions des seules variables $x_0, y_0$. Soient, sur le même rayon, $x, y, z$ les coordonnées de son point de rencontre avec l'une des surfaces (S). L'existence de (S) exige que l'on ait

$$a\,dx + b\,dy + c\,dz = 0.$$

Posons

$$x = x_0 + a\lambda, \qquad y = y_0 + b\lambda, \qquad z = c\lambda,$$

d'où

$$a\,dx_0 + b\,dy_0 + d\lambda = 0.$$

Ceci montre que $a\,dx_0 + b\,dy_0$ est la différentielle d'une fonction $-\lambda$, ce qui impose au faisceau l'unique condition $\partial a/\partial y_0 = \partial b/\partial x_0$.

Un calcul classique fait alors dépendre de deux quadratures la connaissance de $\lambda$, et par conséquent de la surface (S). Ce calcul fournit $\lambda$ avec une constante additive permettant de choisir parmi toutes les surfaces d'ondes celles dont on veut se servir.

D'après le principe du retour inverse, le miroir doit être tel que les

rayons dirigés de bas en haut normalement à (S) aillent, après leur réflexion, concourir au point O.

Soit AB l'un de ces rayons, parti du point A de (S) et réfléchi en B par le miroir. Posons $OA = \rho$, $OB = r$, $AB = l$ et appelons $h$ la projection de OA sur AB. Dans le triangle OAB, on a la relation

$$r^2 = \rho^2 + l^2 - 2lh$$

ou bien, en écrivant $r + l = R$,

$$2l(R - h) = R^2 - \rho^2, \tag{1}$$

On sait que la somme R demeure constante pendant que le triangle varie.

La surface (S) étant connue, on connaît également, pour chacun de ses points A, le vecteur $\rho$ et la longueur $h$, laquelle ne diffère pas de la distance de l'origine O au plan tangent en A. On en déduit $l$ et par conséquent B, ce qui détermine, par points, la surface du miroir. Ce calcul peut être remplacé par une construction géométrique sur laquelle je n'insiste pas. La constante R peut être particularisée de façon à faire passer le miroir par tel point que l'on veut.

Soit $k$ la distance de l'origine au rayon AB. On a $\rho^2 = h^2 + k^2$, d'où

$$2l(R - h) = R^2 - h^2 - k^2. \tag{2}$$

Quand on substitue à (S) une surface parallèle (S'), située à la distance $n$ de (S), les longueurs R, $l$, $h$ éprouvent la variation $n$, tandis que $k$ ne change pas et l'équation (2) n'est pas altérée. On vérifie ainsi que le miroir est indépendant du choix de (S).

Sur (S), les lignes $\rho = \text{const.}$, $h = \text{const.}$ dessinent un réseau formé par les traces des sphères de centre O et par les courbes de contact des développables circonscrites à (S) et à ces sphères. Les variables $\rho$, $h$ constituent ainsi, pour (S), un système de coordonnées curvilignes. Pour le miroir, il y a une troisième coordonnée, $l$, liée aux deux autres par l'équation (1).

## ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Étude locale d'une surface et de certaines intégrales.* Note [1] de M. Émile Cotton.

M. Gustave Dumas a signalé un polyèdre convexe généralisant, pour les surfaces, le polygone de Newton de la théorie des courbes planes [2]. Il l'a

---

(1) Séance du 16 mars 1934.

(2) *Congrès des Mathématiciens*, 1928, Bologne (*Atti*, 4, p. 419).

utilisé dans la recherche de représentations paramétriques holomorphes d'une surface au voisinage d'un de ses points. Dans cette Note, après avoir montré qu'une question simple amène à considérer ce polyèdre N, j'applique des représentations analogues à celles de M. Dumas à l'étude de certaines intégrales dépendant d'un paramètre.

1. Soit $f(x, y, z) = \Sigma A_{abc} x^a y^b z^c$ une série entière, convergente pour $|x|$, $|y|$, $|z|$ assez petits, où manquent le terme constant et quelques-uns des termes de moindre degré; étudions *l'ordre infinitésimal de*

$$\varphi(u) = f[x_1 u^\alpha, y_1 u^\beta, z_1 u^\gamma],$$

$x_1$, $y_1$, $z_1$ sont des constantes, $u$ l'infiniment petit principal, $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ des nombres positifs ou nuls.

Appelons $\varepsilon$ le point de coordonnées $\alpha$, $\beta$, $\gamma$; considérons aussi $a$, $b$, $c$ comme les coordonnées d'un point rapporté aux mêmes axes restangulaires, mais ne conservons parmi ces derniers points que ceux, E, auxquels correspondent des coefficients $A_{abc}$ différents de zéro. Le produit $x^a y^b z^c$ donne dans $\varphi(u)$ un terme dont l'ordre $a\alpha + b\beta + c\gamma$ est le produit scalaire des deux vecteurs OE, O$\varepsilon$. On en conclut aisément que les termes d'ordre minimum de $\varphi(u)$ doivent être cherchés en considérant d'abord les points E situés sur une surface polyédrale convexe : c'est le polyèdre N.

Lorsque à $\varepsilon$ donné correspond ainsi un seul sommet de N l'ordre infinitésimal de $\varphi$ est bien égal au produit scalaire OE.O$\varepsilon$. Mais il se peut que plusieurs points E donnent le produit scalaire minimum; ils sont alors répartis soit sur une face, soit sur une arête de N; l'ensemble des termes de $f$ correspondant à ces points forme en général un polynome $F(x, y, z)$. Si $F(x_1, y_1, z_1) = 0$, l'ordre de $\varphi(u)$ est supérieur au produit minimum.

2. Les surfaces auxiliaires $F(x, y, z) = 0$ admettent un groupe continu. Il est à un paramètre, $\lambda$, dans le cas d'une face :

$$x = x_1 \lambda^\alpha, \qquad y = y_1 \lambda^\beta, \qquad z = z_1 \lambda^\gamma; \tag{1}$$

$\alpha$, $\beta$, $\gamma$ entiers positifs premiers entre eux dans leur ensemble sont les coordonnées d'un point $\varepsilon$ situé sur la normale menée par l'origine des axes O$a$, O$b$, O$c$ à la face considérée de N.

Pour une arête, le groupe est à deux paramètres $\lambda$, $\mu$,

$$x = x_1 \lambda^{\alpha_1} \mu^{\alpha_2}, \qquad y = y_1 \lambda^{\beta_1} \mu^{\beta_2}, \qquad z = z_1 \lambda^{\gamma_1} \mu^{\gamma_2}, \tag{2}$$

$\alpha_1$, $\beta_1$, $\gamma_1$, et $\alpha_2$, $\beta_2$, $\gamma_2$ sont les coordonnées des points $\varepsilon_1$, $\varepsilon_2$ correspondant aux deux faces de N contiguës à l'arête.

Ces groupes conduisent à des *représentations paramétriques*. Considérant d'abord les surfaces auxiliaires $F=0$, on prend, pour une face de N, $z_1=1$, $x_1=\xi$; $y_1=\eta$ est déterminé en fonction de $\xi$ par $F(\xi, \eta, 1)$. Dans le cas d'une arête, on fait $x_1=z_1=1$; $y_1=$ Y est racine de l'équation $F(1, Y, 1)=0$.

Passant ensuite à la surface analytique, on remplace dans son équation $f=0$, $x$ et $z$ par les expressions que nous venons d'indiquer, et $y$ par $(\eta+\varphi)\lambda^\beta$ ou $(Y+\psi)\lambda^{\beta_1}\mu^{\beta_2}$ suivant qu'il s'agit d'une face ou d'une arête de N. Admettons que F n'ait pas de facteur multiple, le théorème d'existence des fonctions implicites donne $\varphi$ en fonction de $\lambda$ et de $\xi$ lorsque $|\lambda|$ est assez petit et que $\xi$, $\eta$ sont voisins de $\xi_0$, $\eta_0$ valeurs finies, coordonnées d'un point simple de $F(\xi, \eta, 1)=0$, à tangente non parallèle à $\xi=0$.

Le même théorème donne pour $\psi$ une série entière $\psi(\lambda, \mu)$, $[\psi(0,0)=0]$; on suppose Y racine simple de l'équation $F(1, Y, 1)=0$.

Les représentations paramétriques de $f=0$,

$$(3)\qquad x=\xi\lambda^\alpha,\qquad y=[\eta(\xi)+\varphi(\lambda, \xi)]\lambda^\beta,\qquad z=\lambda^\gamma,$$
$$(4)\qquad x=\lambda^{\alpha_1}\mu^{\alpha_2},\qquad y=[Y+\psi(\lambda, \mu)]\lambda^{\beta_1}\mu^{\beta_2},\qquad z=\lambda^{\gamma_1}\mu^{\gamma_2},$$

établissent une correspondance entre cette surface analytique et l'une des surfaces auxiliaires; les points correspondants sont sur une même parallèle à l'axe $Oy$.

3. *Nous regardons désormais $z$ comme donné (de module assez petit) et faisons varier dans son plan le point représentatif de la variable complexe $x$.*

Rangeons par ordre de grandeur croissante les quotients $\alpha/\gamma$ des coordonnées $\alpha$ et $\gamma$ des points $\varepsilon$ correspondant aux diverses faces de N; soit $q_1$, $q_2$, $q_3$, ... la suite obtenue. A tout nombre positif $q_h$ de cette suite adjoignons deux nombres positifs $m_h$, $M_h$, le premier inférieur, le second supérieur aux modules des abscisses non nulles des *points exceptionnels* de $F(\xi, \eta, 1)=0$ (c'est-à-dire des points multiples, de ceux à tangente parallèle à $\xi=0$). Traçons les circonférences

$$r\quad |x|=r,\qquad C_1\quad |x|=M_1|z|^{q_1},\qquad c_1\quad |x|=m_1|z|^{q_1},\qquad C_2\quad |x|=M_2|z|^{q_2},$$

leurs rayons, pour $|z|$ petit, forment une suite décroissante.

A chaque face de N correspond un anneau limité par deux de ces circonférences; il en est de même pour chaque arête, mais les nombres $q$ sont égaux dans le premier cas et différents dans le second. Dans l'anneau, relatif à une face, de frontières $C_h$, $c_h$ isolons les points exceptionnels par des circonférences $\sigma$ ayant pour centres ces points pour rayon

commun $e|z|^{q_h}$, $e$, positif, est assez petit pour que ces circonférences ne se coupent pas et soient intérieures à l'anneau. Les anneaux relatifs aux arêtes ne contiennent pas de circonférences $\sigma$.

4. Soit L un chemin tracé dans le plan $x$ à l'intérieur de $c$, partant du point $x=r$ et y revenant, ne rencontrant pas les circonférences $\sigma$. Nous pouvons suivre par continuité le long de L la fonction implicite $y(x, z)$ vérifiant $f=0$, et dont la détermination au point $x=r$ a été préalablement choisie.

Remplaçons $y$ par cette fonction implicite dans une série entière $g(x, y, z)$ convergente pour $(x)\leqq r$, $|y|$ et $|z|$ voisins de zéro; considérons l'intégrale $\mathrm{I}=\int_{\mathrm{L}} g(x, y, z)\,dx$, faisons varier ensuite la valeur attribuée à $z$, en supposant que L se modifie d'une façon continue avec $z$ sans jamais rencontrer les circonférences $\sigma$; cette intégrale abéloïde est d'une fonction de $z$, $\mathrm{I}(z)$. Pour l'étudier, fractionnons le chemin L en arcs $l$ intérieurs aux différents anneaux; les extrémités de ces arcs situées sur les circonférences $\mathrm{C}_h$, $c_h$ peuvent être amenées aux points $\mathrm{M}_h z^{q_h}$, $m_h z^{q_h}$; examinons les intégrales partielles correspondant aux divers arcs $l$.

Si l'anneau contenant $l$ correspond à une face de N on utilise la représentation (3); la nouvelle variable d'intégration est $\xi$ et l'on voit facilement que l'intégrale est une série entière en $\lambda=z^{1/\gamma}$. Il en est ainsi notamment des périodes locales relatives aux cycles intérieurs à l'anneau.

Pour un anneau d'arête, les formules (4) transforment $g(x, y, z)$ en une série entière $\mathrm{G}(\lambda, \mu)$; mais $\lambda$ et $\mu$ vérifient une relation exprimant que $z$ est constant. Traduisons-la en prenant un nouveau paramètre $u$ et une nouvelle variable d'intégration $\theta$ donnés par $\lambda=(u\theta)^{\gamma_2}$, $\mu=(u/\theta)^{\gamma_1}$, d'où $z=u^{2\gamma_1\gamma_2}$, $x=u^{\alpha_1\gamma_2+\alpha_2\gamma_1}\,\theta^{\alpha_1\gamma_2-\alpha_2\gamma_1}$; $\mathrm{G}\,dx$ devient le produit par $d\theta$ d'une série normalement convergente (au sens de Baire). Son intégration terme à terme donne à l'intégrale partielle la forme $\varphi(u)+\psi(u)\log u$, $\varphi$ et $\psi$ séries entières en $u=z^{1/2\gamma_1\gamma_2}$.

En définitive, *les intégrales* $\mathrm{I}(z)$ *ont une représentation régulière de Fuchs, où* $\log z$ *figure linéairement les racines de l'équation déterminante sont des nombres rationnels que le polyèdre* N *donne facilement.*

## NOMINATIONS.

M. C. **Barrois** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du Centenaire de l'*Edinburgh Geological Society,* les 3 et 4 septembre 1934.

M. M. **Gignoux** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument qui sera élevé à la mémoire de Pierre Termier, le jeudi 27 septembre 1934, à Briançon.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jean Aubert : *Un Nouveau système de Barrage mobile* et *Nouveaux barrages à hausses.* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les congruences de cercles qui ont deux diamètres focaux.* Note [1] de M. **René Lagrange**, transmise par M. Elie Cartan.

Dans une Note récente [2], nous avons énoncé certaines propriétés intéressantes de ces congruences, que j'appelais congruences $\mathcal{D}$. Voici quelques nouvelles observations, pour lesquelles les notations de la première Note sont conservées.

Théorème I. — *Si un cercle engendre une congruence* $\mathcal{D}$, *tout cercle concentrique et coplanaire jouit de la même propriété, pourvu que l'aire comprise entre les deux cercles soit constante.*

Théorème II. — *Si un cercle* $\Gamma$ *de rayon* $\rho$ *engendre une congruence* $\mathcal{D}$, *un cercle* $\Gamma_1$ *concentrique, égal et invariablement lié* [3] *à* $\Gamma$ *possède la même*

---

(1) Séance du 26 mars 1934.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 788-790.

(3) C'est-à-dire faisant un angle constant avec $\Gamma$.

*propriété, pourvu que le déterminant fonctionnel de* $\rho$ *et de l'azimut du plan des deux axes autour de* $\Delta$ *soit une fonction déterminée des deux paramètres de la congruence.*

On en conclut que, si $\rho$ est constant, $\Gamma_1$ est indéterminé (c'est le cas où le lieu des centres est une courbe), ou inexistant (si $\Gamma$ engendre une congruence de Ribaucour). Si $\rho$ est variable, et si l'on connaît une solution $\overline{\Gamma}_1$, toutes les autres solutions $\Gamma_1$ sont telles que l'angle $\Delta(\overline{\Delta}_1, \Delta_1)$ soit une fonction de $\rho$, d'ailleurs quelconque. En particulier, *tout cercle concentrique, égal et invariablement lié au couple* $\Gamma$, $\overline{\Gamma}_1$ *engendre également une congruence* $\mathcal{D}$.

Dans un ordre d'idées analogue, on peut rechercher les déplacements à 2 paramètres par lesquels un système invariable formé par 2 cercles engendre 2 congruences $\mathcal{D}$. Soient O, O' les centres des 2 cercles $\Gamma$, $\Gamma'$, $l$ la longueur constante OO', $\alpha$ l'angle constant de OO' avec $\Delta'$. Si O et O' décrivent 2 courbes, $\Gamma$ et $\Gamma'$ engendrent nécessairement 2 congruences $\mathcal{D}$, et il suffit d'assurer l'invariance de OO'. Si O décrit une courbe C, et O' une surface S', il faut et il suffit que S' soit parallèle, à la distance $\pm l\cos\alpha$, à une surface orthogonale aux sphères centrées sur C et de rayon $l\sin\alpha$; à un même point O de C correspond une ligne de courbure de S'. Enfin si O et O' décrivent 2 surfaces S et S', la correspondance entre O et O' est une transformation de Bäcklund, dont la théorie des congruences $\mathcal{D}$ fournit ainsi une interprétation intéressante. On sait que S et S' ont leurs courbures principales en involution et que leurs lignes de courbure se correspondent.

La recherche des congruences $\mathcal{D}$ dont on se donne la congruence des axes $\Delta$ revient à déterminer le centre de $\Gamma$ et son rayon $\rho$. Si l'on associe au point focal A de $\Delta$, situé à distance finie ou infinie, la sphère (ou plan) $\Sigma$ de centre A et passant par $\Gamma$, on constate que *lorsque* $\Delta$ *enveloppe l'arête de rebroussement décrite par l'autre point focal, le plan (ou droite) caractéristique de* $\Sigma$ *passe par le centre de* $\Gamma$. Dans le cas général, il suffit donc de déterminer cette sphère, dont le carré du rayon est solution d'une équation linéaire aux dérivées partielles du second ordre. Cependant, dans certains cas particuliers, par exemple lorsque $\Delta$ possède un point focal à l'infini, ou un point focal double décrivant une courbe, la détermination de $\Gamma$ relève des résolutions successives de deux équations linéaires aux dérivées partielles du premier ordre. Signalons le mode de construction des congruences $\mathcal{D}$ dont les axes ont un point focal double à l'infini, ou, ce qui est

équivalent, celles dont le plan du cercle dépend d'un seul paramètre. Dans le plan osculateur au point M d'une courbe arbitraire C, considérons un cercle W de centre M et une parabole P de foyer M et dont l'axe est la tangente à C, ainsi que les cercles Γ construits sur les cordes de W qui sont tangentes à P, prises comme diamètres. Il n'y a plus qu'à faire varier arbitrairement le rayon de W et le paramètre de P quand M parcourt C.

Nous avons énoncé (¹) une propriété intéressante des congruences $\mathcal{O}$ dont les normales focales aux extrémités d'un diamètre concourent en un point focal A de l'axe. Si A décrit une courbe C on obtient ces congruences à l'aide d'une famille quelconque à un paramètre de sphères Σ centrées sur C, en traçant sur chaque sphère Σ une famille de cercles Γ dont les centres décrivent un cercle coplanaire et concentrique au cercle caractéristique de Σ. Si A décrit une surface S, ou bien la congruence $\mathcal{O}$ est une congruence de Ribaucour associée à une développante de S, dans quel cas les axes Δ enveloppent sur S une famille de géodésiques, ou bien ceux-ci enveloppent une famille de courbes $y = \text{const.}$ telles que le $ds^2$ de S, rapporté à ces courbes et à leurs trajectoires orthogonales, soit de la forme

$$ds^2 = \frac{dx^2}{x-y} + G(x, y)\, dy^2;$$

le rayon $\rho$ de $\rho$ est alors égal à $2\sqrt{y}$ et son centre est le point

$$A - 2(x-y)\frac{\overrightarrow{\partial A}}{\partial x}.$$

On est ainsi conduit à résoudre un système complet de deux équations linéaires aux dérivées partielles du troisième ordre.

## GÉOMÉTRIE. — *Sur les transformations des surfaces.*

Note (²) de M. **A. Delgleize**, transmise par M. E. Cartan.

Soit S une surface isothermique rapportée à ses lignes de courbure, la première forme fondamentale étant

$$ds^2 = e^{2\theta}(du^2 + dv^2).$$

(¹) *Loc. cit.*
(²) Séance du 26 mars 1934.

Chaque transformation $D_m$ de S est définie par cinq fonctions $\lambda$, $\mu$, $\varpi$, $\varphi$, $\sigma$, solutions d'un système d'équations anx dérivées partielles. Conformément aux résultats obtenus par C. Guichard ([1]), on sait qu'à toute $D_m$ de S on peut associer une surface isothermique $\overline{S}$. L'élément linéaire de $\overline{S}$ sera

$$ds^2 = \frac{e^{2\theta}}{\varphi^2}(du^2 + dv^2);$$

les rayons de courbure principaux $\rho_1$, $\rho_2$ étant définis par

$$(1) \qquad \frac{1}{\rho_1} = \varpi - \frac{\varphi}{r_1}, \qquad \frac{1}{\rho_2} = \varpi - \frac{\varphi}{r_2},$$

où $r_1$, $r_2$ sont les rayons de courbure principaux de S. Cette transformation des surfaces isothermiques est appelée, par L. Bianchi, la $T_m$ associée à la $D_m$.

Soient

$$ds^2 = H_1^2\,du^2 + H_2^2\,dv^2, \qquad ds'^2 = h_1^2\,du^2 + h_2^2\,dv^2$$

la première forme fondamentale et l'élément linéaire sphérique d'une surface $\Sigma$ rapportée à ses lignes de courbure. Considérons une surface $\Sigma'$, transformée R de $\Sigma$, définie par les fonctions $\lambda$, $\mu$, $\varpi$, $\varphi$, solutions du système

$$\frac{\partial\lambda}{\partial v} = \frac{1}{H_1}\frac{\partial H_2}{\partial u}\mu, \qquad \frac{\partial\mu}{\partial u} = \frac{1}{H_2}\frac{\partial H_1}{\partial v}\lambda,$$
$$\frac{\partial\varpi}{\partial u} = h_1\lambda, \qquad \frac{\partial\varpi}{\partial v} = h_2\mu,$$
$$\frac{\partial\varphi}{\partial u} = H_1\lambda, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial v} = H_2\mu.$$

Ceci posé, nous allons rechercher si l'on peut déterminer une surface $\overline{\Sigma}$ d'élément linéaire

$$(2) \qquad ds^2 = \frac{1}{\varphi^2}(H_1^2\,du^2 + H_2^2\,dv^2),$$

les rayons de courbure principaux de $\overline{\Sigma}$ étant définis par

$$\frac{1}{\rho_1} = a\varpi + b\varphi\frac{h_2}{H_2}, \qquad \frac{1}{\rho_2} = a\varpi + b\varphi\frac{h_1}{H_1},$$

où $a$ et $b$ sont des constantes. La transformation $T_m$ sera donc un cas particulier de la transformation que nous considérons.

([1]) C. Guichard, *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, **20**, 1903, p. 75. Voir aussi A. Demoulin, *Comptes rendus*, **141**, 1905, p. 459, et L. Bianchi, *Annali di Matematica*, 3e série, **12**, 1906, p. 22.

Pour que les équations de Codazzi relatives à la forme différentielle (2) soient vérifiées il faut et il suffit que l'on ait $a+b=0$; en outre l'équation de Gauss se réduit à

$$(3)\qquad \frac{1}{\rho_1\rho_2}(a^2-1)+\frac{a^2}{2}\mathrm{A}\left(\frac{\mathrm{H}'_1}{\mathrm{H}_1}+\frac{\mathrm{H}'_2}{\mathrm{H}_2}\right)=0,$$

où $\mathrm{H}'^2_1$, $\mathrm{H}'^2_2$ sont les coefficients de l'élément linéaire de la surface $\Sigma'$ et

$$\mathrm{A}=\lambda^2+\mu^2+\varpi^2.$$

Lorsque $a$ est égal à $\pm 1$, l'équation précédente est vérifiée si l'on a

$$\mathrm{H}'_1\mathrm{H}_2+\mathrm{H}'_2\mathrm{H}_1=0.$$

Les deux surfaces $\Sigma$, $\Sigma'$ sont en représentation conforme et l'on sait que, dans ce cas, les deux surfaces sont isothermiques. Donc *la condition nécessaire et suffisante pour que les rayons de courbure principaux de la transformée soient définis par* (1) *est que les surfaces* $\Sigma$ *et* $\Sigma'$ *soient des surfaces isothermiques transformées* R *l'une de l'autre*.

Si l'on peut déterminer, pour une surface $\Sigma$, des fonctions $\lambda$, $\mu$, $\varpi$, $\varphi$ telles que la relation (3) soit vérifiée; les fonctions $\lambda'$ $\mu'$, $\varpi'$, $\varphi'$ de la transformation inverse seront solutions de l'équation, analogue à (3), calculée pour la surface $\Sigma'$. De plus, si $a^2-1$ est différent de zéro, les deux surfaces $\overline{\Sigma}$ et $\overline{\Sigma}'$ seront deux surfaces de Guichard associées. Si les deux surfaces $\Sigma$, $\Sigma'$ sont elles-mêmes des surfaces de Guichard transformées R l'une de l'autre nous obtenons le théorème de M. A. Demoulin [1].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un système d'équations à une infinité d'inconnues*. Note [2] de M. **M. Ghermanesco**, présentée par M. Hadamard.

Je dis qu'une fonction entière $g(x)$ est du type exponentiel $q(x^p)$, avec $p$ entier et positif, lorsque

$$(1)\qquad |g(x)|<|\mathrm{P}_p(x)|\,e^{(q+\varepsilon)|x|},$$

$$(2)\qquad \limsup_{n=\infty}|g^{(n)}(x)|^{\frac{1}{n}}=q,$$

(1) *Bull. de l'Acad. de Belgique*, Classe des Sciences, 5, 1919, p. 357.
(2) Séance du 26 mars 1934.

$P_p(x)$ étant un polynome du $p^{\text{ième}}$ degré en $x$, $q$, $\varepsilon$ étant des constantes positives, et les relations (1), (2) ayant lieu quel que soit $x$.

A toute fonction entière $g(x)$, ayant un développement de la forme

$$g(x) = \sum_{0}^{\infty} g_n \frac{x^n}{n!}, \tag{3}$$

se rattache la fonction

$$\mathfrak{L}(g) = \sum_{0}^{\infty} \frac{g_n}{z^{n+1}} \tag{4}$$

valable pour $|z| > q$. Cette fonction a été considérée pour la première fois, je crois, en liaison avec une fonction entière, par M. S. Pincherle, qui en a donné quelques propriétés [1], aussi je crois devoir la désigner sous le nom de *fonction adiointe de Pincherle* d'une fonction entière.

La fonction $\mathfrak{L}(g)$ peut avoir des singularités de différentes natures : nous dirons que $g(x)$ est une fonction *entière* $(m)$ lorsque la fonction $\mathfrak{L}(g)$ correspondante est *méromorphe*, à pôles isolés, ou qu'elle est *entière* $(s)$ lorsque $\mathfrak{L}(g)$ possède d'autres singularités que des pôles isolés.

Il est évident, puisque $\mathfrak{L}(g)$ est régulière pour $|z| > q$, que les pôles de $\mathfrak{L}(g)$, lorsqu'elle est méromorphe, se trouvent à l'intérieur ou même sur le cercle de rayon $q$, ayant son centre à l'origine. Ils sont donc bornés dans ce cas et $\leqq q$ en module.

Cela étant, on a la proposition suivante :

THÉORÈME. — *Une fonction entière $(m)$, fonction du type exponentiel $q(x^p)$, $p+1$ étant le plus grand des ordres de multiplicité des pôles de la fonction adjointe $\mathfrak{L}(g)$, admet aussi un développement unique en série uniformément convergente de la forme*

$$g(x) = \sum_{1}^{\infty} (c_{n0} + c_{n1}x + c_{n2}x^2 + \ldots + c_{np}x^p) e^{\xi_n x}. \tag{5}$$

En effet, l'identification des deux développements (3) et (5) de la même fonction $g(x)$ nous conduit au système suivant d'équations en nombre infini, pour déterminer les inconnues $\xi_n$, $c_{nk}$,

$$\sum_{1}^{\infty} c_{n0}\xi_n^k + k\sum_{1}^{\infty} c_{n1}\xi_n^{k-1} + k(k-1)\sum_{1}^{\infty} c_{n2}\xi_n^{k-2} + \ldots + \frac{k!}{(k-p)!}\sum_{1}^{\infty} c_{np}\xi_n^{k-p} = g_k \tag{6}$$

$$(n, k = 0, 1, 2, \ldots).$$

---

[1] S. PINCHERLE, *Mem. della R. Accad. dell'Ist. di Bologna*, 4e série, 9, 1888, p. 45-71, reproduit dans les *Acta mathematica*, 48, 1926, p. 279-304.

Appelons *solution régulière* du système (6) tout système de nombres bornés, réels ou complexes, rendant absolument convergentes les séries du premier membre et satisfaisant à ce système d'équations en nombre infini. Nous allons voir que ce système admet une solution régulière unique lorsque $g(x)$ est entière ($m$). En effet, multiplions la $k^{\text{ième}}$ équation du système (6) par $z^{-k-1}$ et ajoutons les résultats obtenus en donnant à $k$ les valeurs successives $k=0, 1, 2, \ldots$, membre à membre : on a d'abord, si $|z|$ est supérieur à tous les $\xi_n$,

$$\sum_{k=s+1}^{\infty} k(k-1)\ldots(k-s)\frac{\xi_n^{k-s-1}}{z^{k+1}} = \frac{(s+1)!}{(z-\xi_n)^{s+2}} \qquad (s=0, 1, 2, \ldots),$$

de sorte qu'on obtient la relation

$$(7) \qquad \sum_1^{\infty}\frac{c_{n0}}{z-\xi_n} + 1!\sum_1^{\infty}\frac{c_{n1}}{(z-\xi_n)^2} + \ldots + p!\sum_1^{\infty}\frac{c_{np}}{(z-\xi_n)^{p+1}} = \mathfrak{L}(g).$$

Comme $\mathfrak{L}(g)$ est supposée être méromorphe, ayant des pôles isolés, il s'ensuit, d'après le premier membre de (7), que ces pôles ont le nombre $(p+1)$ pour le plus grand ordre de multiplicité. Des théorèmes connus, on déduit que le développement (7) de $\mathfrak{L}(g)$ est unique, et donc on en tire la même conclusion pour le développement (5).

On peut à la rigueur raisonner comme l'a fait M. G. Calugareano [1] dans un cas particulier analogue, pour arriver à la même conclusion. Enfin le théorème bien connu de Mittag-Leffler achève la détermination des inconnues $\xi_n$, $c_{nk}$.

La fonction $g(x)$, donnée par le développement (5), est bien du type exponnentiel $q(x^p)$, car, en désignant par $c_k$ les sommes des séries absolument convergentes $\sum_{n=1}^{\infty}|c_{nk}|$, on a, avec $|\xi_n| \leq q$,

$$|g(x)| < (c_0 + c_1|x| + c_2|x|^2 + \ldots + c_p|x|^p)\, e^{(q+\varepsilon)|x|} \qquad (\varepsilon > 0).$$

La démonstration du théorème précédent en fait aussi ressortir un autre, remarquable par soi-même :

Théorème. — *Le système d'équations en nombre infini* (6) *admet une solution régulière unique lorsque la fonction* $\mathfrak{L}(g)$, *donnée par* (4), *est méromorphe, ayant des pôles isolés du* $(p+1)^{\text{ième}}$ *ordre de multiplicité au plus, avec* $g_n \sim q^n$.

---

[1] G. Calugareano, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 596.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques problèmes difficiles de la théorie des fonctions.* Note (¹) de M. **N. Lusin**, présentée par M. Émile Borel.

1. *Les énoncés des problèmes.* — Nous prendrons comme type de ces problèmes les énoncés suivants :

I. *Étant donné un ensemble* H *non dénombrable, démontrer l'existence d'une fonction f définie sur* H *et ne pouvant pas être complétée de manière à obtenir une fonction de Baire.*

II. *Étant donné un ensemble* H *non dénombrable, démontrer l'existence de deux parties de* H *non séparables* B.

III. *Étant donné un complémentaire analytique* H, *démontrer l'existence d'une partie de* H *qui n'est pas un complémentaire analytique.*

IV. *Étant donné un complémentaire analytique* H, *déterminer deux complémentaires analytiques* $H_1$ *et* $H_2$, *faisant partie de* H *et sans point commun qui ne sont pas séparables* B, et les autres de la même nature. Il importe de remarquer que la plupart de ces problèmes admettent une solution précise provenant de la méthode de descente indéfinie [2] et ne paraissent pas être attaquables sur une autre voie. Même les raisonnements zermelistes et l'hypothèse du continu étudiée par M. Sierpinski et son école ne nous permettent pas de résoudre les problèmes II et IV, si nous ne faisons pas l'hypothèse supplémentaire sur l'existence d'un ensemble parfait P appartenant à H. Quant aux problèmes I et III, l'hypothèse du continu permet de les résoudre en affirmative, mais les raisonnements zermelistes seuls ne suffisent nullement.

Néanmoins, la plupart de ces problèmes deviennent accessibles par la méthode de descente indéfinie. Voici, par exemple, une solution incomplète, mais fort intéressante que M. P. Novikoff à donné au problème IV.

Appelons, suivant M. Arnaud Denjoy, *mince* (au sens descriptif) tout ensemble de points qui ne contient pas un ensemble parfait. La solution dont il s'agit est maintenant la suivante : *on peut ajouter à l'ensemble* H *donné un complémentaire analytique* H′ *de manière que la réunion obtenue* H + H′ *admette une solution positive du problème IV.*

2. *Les problèmes I et II.* — Examinons maintenant ces problèmes au

---

(¹) Séance du 26 mars 1934.

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 3.

point de vue de la méthode de descente indéfinie. Décomposons l'ensemble donné H en une infinité non dénombrable de parties non dénombrables

$$H_0, \quad H_1, \quad H_2, \quad \ldots, \quad H_\omega, \quad \ldots, \quad H_\alpha, \quad \ldots, \quad \Omega,$$

numérotées au moyen des nombres finis et transfinis de seconde classe. Nous faisons correspondre à $H_\alpha$ un ensemble plan $E_\alpha$ mesurable B tel qu'on obtient tous les ensembles linéaires mesurables B et de classe $< \alpha$ en coupant $E_\alpha$ par des droites $x = x_0$ convenablement choisies. Or, $E_\alpha$ et son complémentaire $CE_\alpha$ ne sont pas mutuellement enchevêtrés (¹). Donc, il existe une décomposition $H_\alpha = H'_\alpha + H''_\alpha$ telle que $H'_\alpha$ et $H''_\alpha$ ne sont séparables par aucun couple d'ensembles mesurables B de classe $< \alpha$. Il en résulte que les ensembles $H' = \Sigma H'_\alpha$ et $H'' = \Sigma H''_\alpha$ nous donnent une décomposition de H en deux parties *non séparables* B. C'est une solution du problème II. Or la fonction $f$, égale à 0 sur $H'$ et à 1 sur $H''$, nous donne manifestement une solution du problème I (²).

3. *Le continu relativiste.* — Les considérations précédentes sont étroitement liées aux réflexions générales qu'on peut faire relativement à la nature de nos connaissances sur le continu. Suivant les idées de M. Émile Borel ces connaissances n'excèdent guère la remarque suivante : *la puissance du continu n'est pas dénombrable.* A ce point de vue le continu classique ne diffère guère d'un ensemble non dénombrable quelconque. Il est vrai que le continu classique est un ensemble *fermé;* mais dire qu'un ensemble non dénombrable est fermé, c'est ne rien dire, puisque cette fermeture n'est que la réunion de *tous* les éléments qu'on peut inventer ultérieurement. Au point de vue du continu effectiviste la fermeture du continu classique n'est qu'illusoire, ainsi que le *Vollständigkeitsaxiom* de M. Hilbert et les définitions non prédicatives signalées par Poincaré. On a ici une incessable réunion d'éléments nouveaux : à ce point de vue le continu classique est toujours ouvert.

Ces réflexions générales nous imposent le problème précis suivant :

*Étant donné un ensemble* H *non dénombrable, reconnaître s'il existe une partie* H′ *de* H *qui est* RELATIVEMENT A H *un ensemble : mesurable* B *et précisément de classe* $\alpha$, *ou bien analytique, ou bien projectif.*

Dans le premier cas il s'agit d'une partie H′ de H séparable de H — H′ au moyen d'un ensemble E meurable B *au sens absolu* et de classe $\alpha$, cette

(¹) *Loc. cit.*

(²) M. P. Novikoff m'a communiqué qu'il est sûr d'arriver à résoudre les problèmes I et II au cours de ses essais sur le problème IV; sa méthode m'est inconnue.

classe $\alpha$ ne pouvant pas être abaissée. L'existence des ensembles et des fonctions de *toutes* les classes est démontrée dans le cas du continu classique. Elle présente des vives difficultés dans la théorie relativiste.

Les recherches de ce genre ne sont pas artificielles puisqu'elles présentent le développement naturel des idées dans la direction ouverte par les travaux de Baire, Borel, Lebesgue et Ch. de la Vallée Poussin.

ASTROPHYSIQUE. — *Courbe de lumière de l'étoile GO Cygni et éléments du système double.* Note [1] de M. **S. P. Liau**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Les variations de l'étoile GO Cygni, connues depuis 1928 [2], ont été étudiées jusqu'ici par la méthode des degrés, visuellement ou par photographie. J'ai cherché à tracer d'une manière plus précise sa courbe de lumière photographique.

Les clichés sont pris au foyer de l'objectif Zeiss de $17^{cm}$ d'ouverture et $120^{cm}$ de focale de l'Observatoire de Lyon. Ils sont étudiés ensuite avec un microphotomètre de Fabry et Buisson, suivant un procédé analogue à celui que Schilt utilise avec un microphotomètre à thermopile [3]. On éclaire, sur la plaque, un cercle dont le diamètre est à peine supérieur à celui de l'image de l'étoile la plus brillante, et l'on construit, pour chaque cliché, une courbe d'étalonnage, en portant en abscisses les magnitudes de plusieurs étoiles de comparaison, en ordonnées les lectures correspondantes du microphotomètre. Pour que la méthode soit précise, il faut que les mesures ne portent que sur de faibles différences de magnitude et que le diamètre du cercle éclairé soit convenablement choisi.

J'ai utilisé 5 étoiles de comparaison voisines de la variable, dont les magnitudes ont été déterminées par comparaison à la séquence polaire. L'une d'elles (BD + 35° 4197), suspecte de variabilité, a été éliminée par la suite.

II. L'éphéméride adoptée, en accord avec celle de Kukarkin [4], est

Min. princ. = J. J. t. m. a. G. hélioc. 2426509,465 + 0,717766 E.

---

(1) Séance du 12 mars 1934.

(2) Schneller, *Astronomische Nachrichten*, 235, 1928, col. 85.

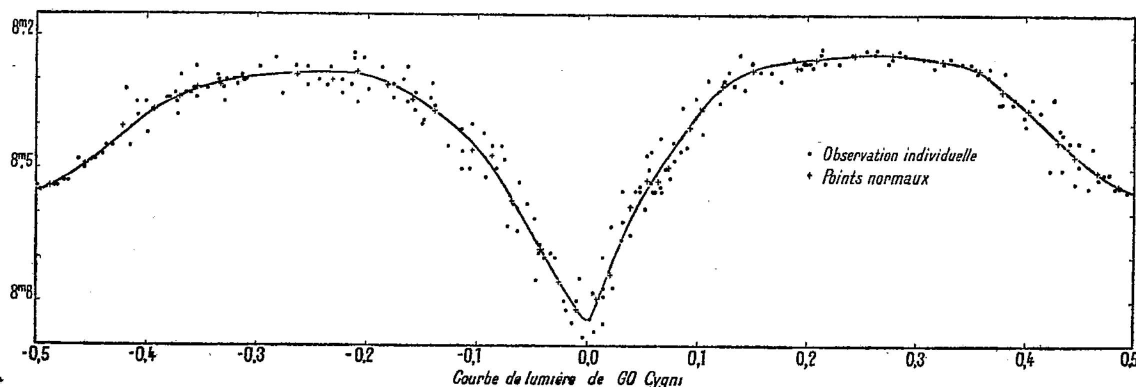
(3) J. Schilt, *Publ. Kaptein Astronomical Laboratory Groningen*, 32, 1924, p. 1.

(4) B. W. Kukarkin, *Verein der Freuden der Physik und Astronomie, Nishni-Novgorod, Veränderliche Sterne Bulletin*, 2, 1929, p. 26; 4, 1932, p. 19.

La figure ci-dessous reproduit la courbe de lumière tracée parmi les observations individuelles, au nombre de 200. L'écart moyen des points par rapport à la courbe est ± 0,035 magn. Les deux maxima sont légèrement inégaux; on a, en effet,

$$\text{Max}_1 = 8^m,235; \quad \text{min}_1 = 8^m,845; \quad \text{Max}_2 = 8^m,280; \quad \text{min}_2 = 8^m,550.$$

III. Cette légère dissymétrie a été négligée pour déterminer les éléments du système double, par la méthode de Russell. On a groupé à cet effet toutes les observations sur une demi-période, en remplaçant les phases, $P > 0,5$ par $1 - P$.



Courbe de lumière de GO Cygni

L'orbite peut être considérée comme circulaire, les éclipses sont partielles, et la plus grande étoile paraît avoir la plus grande brillance. En utilisant à la fois la courbe de lumière obtenue ici et les données spectroscopiques publiées récemment par J. A. Pearce (¹), on peut obtenir les dimensions absolues du système. Mais, comme il arrive souvent dans le cas des étoiles du type β Lyrae dont l'amplitude n'est pas très grande, ces éléments sont assez mal déterminés : on peut faire varier dans d'assez larges limites le rapport des grands axes des deux étoiles, sans cesser de représenter les observations d'une manière satisfaisante. Le tableau ci-après donne les deux meilleures solutions obtenues en supposant les disques des étoiles uniformément brillants (solutions U) ou, au contraire, complètement assombris vers les bords (solution D). Le rayon, la masse et la densité du Soleil sont pris comme unités :

(¹) J. A. PEARCE, *Journ. Royal Astronomical Society Canada*, 27, 1933, p. 62.

| | | Solution C. | Solution D. |
|---|---|---|---|
| Constante d'ellipticité $z$ | | 0,240 | 0,240 |
| Effet de phase $(c_2-c_1)\sin i$ | | 0,016 | 0,016 |
| Rapport des axes de chaque étoile $b_1/a_1 = b_2/a_2$ | | 0,868 | 0,868 |
| Inclinaison de l'orbite $i$ | | 77°21′ | 74°12′ |
| Rapport des grands axes $a_2/a_1$ | | 0,70 | 0,60 |
| Rapport des brillances $B_1/B_2$ | | 2,10 | 1,92 |
| Rapport des intensités lumin. $J_1/J_2$ | | 4,78 | 5,34 |
| 1/2 durée des éclipses | | 1 h. 50 m. | 2 h. 6 m. |
| Étoile 1, Spectre B9$n$ | grand axe $a_1$ | 1,72 | 2,05 |
| | petit axe $b_1$ | 1,50 | 1,78 |
| | masse $m_1$ | 1,05 | 1,10 |
| | densité $d_1$ | 0,25 | 0,17 |
| Étoile 2, Spectre A0 | grand axe $a_2$ | 1,21 | 1,24 |
| | petit axe $b_2$ | 1,05 | 1,07 |
| | masse $m_2$ | 0,89 | 0,93 |
| | densité $d_2$ | 0,62 | 0,71 |

Les masses de ces deux étoiles, peu différentes de celles du Soleil, sont faibles pour des étoiles blanches, et leurs densités relativement élevées.

CHALEUR. — *Sur le calcul des pertes de chaleur par les parois des moteurs, et plus généralement, sur divers phénomènes non adiabatiques.* Note de M. **Pierre Vernotte**, transmise par M. A. Cotton.

La conductivité des gaz est assurément fort petite; aussi a-t-on l'habitude de faire intervenir avant tout, pour rendre compte de la propagation de la chaleur dans les gaz, les mouvements de convection qui amplifient les effets de la conduction.

Nous avons rappelé autrefois ([1]) qu'il existait un cas où, dans un corps mauvais conducteur, pouvait pénétrer un très notable flux de chaleur : c'est lorsque, par suite d'un phénomène thermique très brusque, il apparaît une différence finie de température entre une paroi (conductrice pour fixer les idées) et la masse de l'isolant. Dans ces conditions, le flux de chaleur, infini théoriquement au début, est considérable pendant les premiers instants, et la quantité de chaleur qui a ainsi pénétré dans l'isolant (ou qui en est sortie), au bout d'un temps $t$ très petit, et qui est *proportionnelle*

([1]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 340.

*non pas au temps, mais à sa racine carrée*, est donnée par la formule $Q = 2SV_0\sqrt{kc\rho : \pi}\sqrt{t}$, S étant la surface de contact, $k$, $c$, $\rho$ la conductivité, la chaleur spécifique et la densité de l'isolant, $V_0$ l'écart de température brusquement établi; le phénomène est localisé, au $1/100^e$ près, dans une couche d'isolant d'épaisseur $l = 4\sqrt{k : c\rho}\sqrt{t}$.

Le même phénomène se manifeste dans les gaz, et nous allons en citer quelques exemples.

I. Dans d'anciennes expériences [1] qu'a confirmées récemment M. Tasseël, nous avions observé que l'air d'un grand caisson ayant été très rapidement refroidi de quelques degrés dans toute sa masse, par une détente préalable, le réchauffement spontané au contact des parois, déduit de l'observation au manomètre différentiel de l'accroissement de la pression, ne pouvait pas s'exprimer par une fonction exponentielle du temps, comme l'aurait voulu l'hypothèse d'un échange par convection entre paroi et gaz : le réchauffement était d'abord extrêmement rapide, et ne tendait que postérieurement vers une loi exponentielle.

Nous avons cherché à expliquer cet effet, par l'inertie mécanique des masses d'air qui doivent être mises en mouvement pour que puisse exister une convection, d'où, dans ce phénomène, une deuxième exponentielle à constante de temps beaucoup moins longue. Il faut certainement tenir compte de l'inertie dans la convection, mais le calcul précédent montre que, pendant les dix premières secondes, par le simple jeu de la conduction en air immobile, l'air du caisson a déja retrouvé le dixième de la chaleur perdue.

II. On sait depuis très longtemps que, si l'on bouche presque complètement avec le doigt un trou percé dans la paroi d'un récipient contenant de l'air comprimé, le jet d'air qui sort à grande vitesse brûle le doigt. Ce résultat est assez paradoxal, l'air comprimé étant, dans ce réservoir, à la température ordinaire; s'il acquiert de la vitesse aux dépens de sa pression, c'est en se refroidissant, et de quelque manière qu'on analyse le réchauffement sous le doigt, perte de force vive ou frottement, ce gaz ne peut pas se retrouver plus chaud qu'il n'était. L'explication réside dans ce fait que, malgré la très faible durée de la traversée de la paroi par le jet d'air, le jet, à cause de la loi en $\sqrt{t}$, a cependant le temps de se réchauffer très notablement à la paroi. Nous avons calculé par la formule indiquée, qu'un jet,

---

(1) *Expériences sur le refroidissement d'un corps chaud par un courant d'air.* Paris, Gauthier-Villars, 1933.

refroidi à 100°, traversant, à la vitesse de 100 m/sec, un trou de $1^{mm}$ de diamètre, percé dans une paroi de $1^{cm}$ d'épaisseur, la pression moyenne étant de 5 atmosphères, se réchauffe d'une quarantaine de degrés pendant le dix-millième de seconde que dure la traversée.

III. La détente de l'air comprimé, dans une tuyère à grande vitesse, doit être sensiblement adiabatique, le réchauffement de l'air au contact de la paroi étant localisé dans une couche très mince, de l'ordre du millimètre, puisque le contact avec la paroi ne dure qu'une très petite fraction de seconde, et que la convection, par ailleurs, n'a pas le temps de s'établir.

IV. Nous voulons surtout attirer l'attention sur le fait que les pertes de chaleur par la paroi, dans les cylindres des moteurs à explosion, résultent d'un simple phénomène de conduction pure dans les gaz portés brusquement par la combustion à une température extrêmement élevée, et en contact avec une paroi relativement froide, phénomène bref comme le cycle lui-même. Sans rapporter le détail du calcul, disons qu'en adoptant pour température de combustion des gaz le chiffre de 2500° K. trouvé par M. Doncescu dans un petit moteur d'expérience, et appliquant la formule au cas d'un moteur d'aviation, nous avons retrouvé les pertes par la paroi mesurées d'une façon directe sur ce moteur par M. Champsaur (1).

La formule en $\sqrt{t}$ a pour conséquence générale que les pertes de chaleur ne dépendent pas beaucoup de leur durée, et que c'est pendant les premiers instants de la combustion que les pertes doivent être de beaucoup les plus élevées : M. Doncescu a trouvé effectivement, dans ses expériences non encore publiées, que la température des gaz n'augmente pas quand le moteur tourne plus vite, et que les pertes par la paroi, déduites des températures observées au cours de la détente et de l'analyse des phénomènes de dissociation, diminuent considérablement au cours de la détente.

L'explication assez curieuse que nous donnons de ces divers phénomènes montre en outre que, la convection n'intervenant pas, ils sont abordables par le calcul.

---

(1) *Étude sur la transmission de la chaleur à l'eau de refroidissement dans un moteur.* Paris, Gauthier-Villars, 1932.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les moyennes de la théorie de Dirac.* Note (¹) de M. **Michel Loève**, présentée par M. Louis de Broglie.

I. Les moyennes de la mécanique ondulatoire établissent un lien entre les grandeurs dont elle traite et les grandeurs physiques classiques. On possède, en particulier, pour la mécanique ondulatoire non relativiste le théorème d'Ehrenfest (²) $m_0 \overline{d^2x/dt^2} = \overline{f_x}$, .... Or, en mécanique ondulatoire relativiste (à $4\Psi$) ce théorème ne s'applique plus. Mais si l'on se rapporte à la mécanique relativiste classique, on est conduit à supposer que ce théorème serait valable si l'on introduit l'impulsion $\vec{P} = \vec{p} + e\vec{A}/c$. Et, en effet, nous obtenons, dans la théorie de Dirac,

$$(1)\quad \overline{\frac{d\vec{P}}{dt}} = -e\overline{\left(\vec{h} + \left[\frac{\vec{v}}{c}\cdot\vec{H}\right]\right)} = \overline{\vec{f}}, \qquad \overline{\frac{dP_4}{dt}} = \overline{\left(\frac{\vec{v}}{c}\cdot\vec{f}\right)} \qquad \text{où} \qquad P_4 = p_4 + \frac{eV}{c}.$$

II. D'une manière générale, dans quelle mesure peut-on rattacher les moyennes de la théorie de Dirac aux notions relativistes classiques ?

Ce problème a été résolu à l'approximation newtonienne et en l'absence de champ extérieur soit pour l'onde plane, soit pour le globule de Darwin (³). Nous nous posons la question pour la solution générale des équations de Dirac en absence de champ.

Nous obtenons, après transformation, la valeur moyenne d'une grandeur physique représentée par l'opérateur hermétique A sous la forme $\overline{A} = \overline{A}^{C} + \overline{A}^{D}$ où

$$(2)\quad \begin{cases} \overline{A}^{C} = \displaystyle\iiint_{-\infty}^{+\infty}\left(\sum_{1}^{4}{}_{k}\, a_k^* A a_k + b_k^* A b_k\right) dp_x\, dp_y\, dp_z, \\ \overline{A}^{D} = \displaystyle\iiint_{-\infty}^{+\infty}\left(\sum_{1}^{4}{}_{k}\, a_k^* A b_k e^{-\frac{4\pi i}{h}Wt} + b_k^* A a_k^* e^{\frac{4\pi i}{h}Wt}\right) dp_x\, dp_y\, dp_z. \end{cases}$$

$\overline{A}^{D}$ est réelle, dépend de $t$; la fonction sous le signe $\int$ est, en général,

(¹) Séance du 19 mars 1934.

(²) L. de Broglie, *L'électron magnétique*, p. 81-82. Voir, pour toutes les notations en particulier, le Chapitre XVI.

(³) *Loc. cit.*, Chap. XIII et XIV.

une fonction sinusoïdale de fréquence $2W/h$ et, dans le cas de la vitesse, n'est autre chose que le tremblement de Schrödinger (¹). Ici, *le battement apparaît comme une caractéristique essentielle de toutes les grandeurs physiques* (excepté la charge) *de la théorie de Dirac*, due à la coexistence des énergies de signe contraire et ne disparaît que si les données initiales correspondent à l'une de ces deux sortes d'énergie seulement.

$\overline{A}^c$ pourrait être considérée comme la moyenne des valeurs de la grandeur physique correspondant chacune à un état dynamique connu, telle qu'elle se présenterait dans la théorie relativiste classique de l'électron magnétique. Mais à côté de celles-ci apparaissent des quantités analogues dues aux énergies négatives. D'autre part, l'intégration effectuée sur l'espace et non l'espace-temps peut faire apparaître, à cause de $\alpha_4$, un facteur supplémentaire $\sqrt{1-\beta^2}$ sous le signe $\int$ (¹).

Précisons ces idées sur quelques exemples :

1° La signification de la grandeur physique correspondant à la densité invariantive de la valeur moyenne

$$\Omega_2 = \sum_1^4{}_k \Psi_k^* \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \Psi_k$$

n'est pas connue. Or nous avons ici $\overline{A}^c = 0$. Donc, si l'on admet ce qui précède, cette grandeur n'est pas susceptible d'interprétation classique. D'autre part, les vibrations de tous les opérateurs de la théorie s'expriment en fonction de celle de cet opérateur-ci (²). Il représente donc *une grandeur caractéristique de la théorie de Dirac sans correspondant classique*.

2° Nous n'écrirons que la partie de $\overline{A}^c$ qui correspond aux énergies positives

$$(3) \qquad \iiint_{-\infty}^{+\infty} \left( \mathcal{A} \sum_1^4 a_k^* a_k \right) dp_x\, dp_y\, dp_z \qquad \text{avec} \qquad \mathcal{A} = \sum_1^4{}_k \frac{a_k^* A a_k}{a_k^* a_k}.$$

Nous obtenons pour les moments magnétique et électrique avec

$$(4) \quad \left\{ m_x = \mu \frac{-A^* B - B^* A}{A^* A + B^* B}, \qquad m_y = \mu \frac{iB^* A - iA^* B}{A^* A + B^* B}, \qquad m_z = \mu \frac{B^* B - A^* A}{A^* A + B^* B} \right.$$

($\mu$ magnéton de Bohr),

(¹) *Loc. cit.*, pages 299 et précédentes ainsi que la page 302.

(²) AL. PROCA, *Annales de Physique*, 10ᵉ série, 20, 1933, p. 395. Voir ce Mémoire pour l'étude directe des opérateurs.

et

(5) $$\overrightarrow{\mathfrak{M}} = \overrightarrow{m} - \frac{W}{W + m_0 c^2} \vec{\beta}(\vec{\beta}.\overrightarrow{m}), \quad \vec{\mathfrak{T}} = [\vec{\beta}.\overrightarrow{m}] = [\vec{\beta}.\overrightarrow{\mathfrak{M}}] \quad \text{avec} \quad \vec{\beta} = \frac{\vec{V}}{c}.$$

En négligeant les termes en $\beta^2$ et la partie non écrite, on retrouve des résultats connus ([1]). La valeur de $\overrightarrow{\mathfrak{T}}$ est celle de Frenkel (établie à partir des notions classiques). D'autre part,

(6) $$(\overrightarrow{\mathfrak{M}}.\vec{\mathfrak{T}}) = 0, \quad \left(\frac{|\overrightarrow{\mathfrak{M}}|}{\sqrt{1-\beta^2}}\right)^2 - \left(\frac{|\vec{\mathfrak{T}}|}{\sqrt{1-\beta^2}}\right)^2 = |\overrightarrow{m}|^2 = \mu^2,$$

(7) $$\overrightarrow{\mathfrak{M}} = \overrightarrow{m}\sqrt{\frac{1-\beta^2}{1-\beta'^2}} \quad \text{avec} \quad (\overrightarrow{\beta'}.\overrightarrow{m}) = 0.$$

3° Pour le spin nous obtenons

(8) $$\vec{S} = -\frac{m_0 c}{e}\left[\frac{m_0 c^2}{W}\overrightarrow{m} + \frac{W}{W + m_0 c^2}\vec{\beta}(\vec{\beta}.\overrightarrow{m})\right], \quad S_4 = \frac{m_0 c}{e}(\vec{\beta}.\overrightarrow{m}),$$

d'où, pour un mouvement quasi stationnaire ([1]),

$$\vec{S} = -\frac{m_0 c}{e}\overrightarrow{m},$$

(8) montre comment se séparent les directions de $\overrightarrow{\mathfrak{M}}$ et de $\vec{S}$ dans le cas général.

ÉLECTRICITÉ. — *Remarques sur la capacité propre des bobines.* Note ([2]) de MM. **P.-L. Cassou** et **J. Cayrel**, présentée par M. Paul Janet.

Malgré les beaux travaux de Drude ([3]), de Fleming ([4]) et de Seibt ([5]) sur les solénoïdes, la complexité de la notion de *capacité propre* appliquée à une bobine demeure le plus souvent inaperçue. Les importantes restrictions qu'il convient d'apporter de ce point de vue à l'assimilation classique des bobines aux antennes sont exposées ci-après.

1. *Étude expérimentale de la capacité effective d'une bobine cylindrique à*

([1]) *Loc. cit.*, Chap. XIII et XIV.
([2]) Séance du 12 mars 1934.
([3]) *Ann. der Phys.*, 9, 1902, p. 293.
([4]) *Principes de la Télégraphie par ondes électriques* (Londres), 1906, p. 251.
([5]) *E. T. Z.*, 4, 1902, p. 411.

*une couche en fonction de sa longueur.* — Nous avons étudié plusieurs bobines de longueurs différentes $l$ et de même diamètre ($D = 85^{mm}$) obtenues en enroulant à spires jointives sur un tube de bakélite du fil isolé sous coton ($d = 0^{mm},6$).

*a.* On excite *par choc* chaque bobine sur sa longueur d'onde propre $\lambda_0$ à l'aide d'une spire inductrice *médiane* traversée par le courant d'un buzzer shunté et l'on mesure $\lambda_0$ à l'aide d'un ondemètre récepteur *très faiblement couplé* avec la bobine.

*b.* On mesure ensuite la self L de chaque bobine à l'aide d'un contrôleur d'ondes par la méthode dite à $\lambda$ constant.

Soient $Le$ et $Ce$ les self et capacité effectives correspondant à l'onde fondamentale $\lambda_0$; on a

$$\lambda_0 = 2\pi\Omega\sqrt{LeCe}, \tag{1}$$

$$Le = \frac{2}{\pi}L. \tag{2}$$

De ces deux relations, on tire la capacité propre

$$Ce = \frac{\lambda_0^2}{4\pi^2\Omega^2 Le}. \tag{3}$$

Le tableau ci-dessous donne $\lambda_0$, $Le$ et $Ce$ en fonction de la longueur $l$.

| | $l$ (millimètres). | $\lambda_0$ (mètres). | $Le$ (millihenrys). | $Ce$ ($\mu$F.$10^{-6}$). |
|---|---|---|---|---|
| $B_1$ | 6,6 | 14,5 | 0,0056 | 10,9 |
| $B_2$ | 15,5 | 25 | 0,025 | 6,87 |
| $B_3$ | 37 | 40 | 0,091 | 4,95 |
| $B_4$ | 84,5 | 69 | 0,32 | 4,23 |
| $B_5$ | 142,5 | 89 | 0,56 | 3,93 |
| $B_6$ | 197,5 | 107 | 0,81 | 3,93 |
| $B_7$ | 430 | 173,5 | 2,10 | 4,02 |
| $B_8$ | 1000 | 330 | 5,55 | 5,61 |
| $B_9$ | 1430 | 440 | 8,05 | 6,85 |

On voit que $Ce$ *passe par un minimum* pour $l \# 2D$.

2. *Interprétation : Capacité homopolaire et capacité hétéropolaire d'une bobine.* — La capacité $C = Q/V$ d'un *conducteur unique* A isolé dans l'espace augmente avec les dimensions de ce conducteur.

La capacité d'un *condensateur* AB formé de deux armatures identiques possédant des charges égales et de signes contraires dépend :

1° de la capacité *intrinsèque* des armatures A et B;

2° de la capacité *mutuelle* $C_A^B$ résultant de l'abaissement du potentiel de A par les charges négatives de B.

*Selon que les conducteurs* A *et* B *seront ou très éloignés ou très proches, la capacité du condensateur* AB *sera à peu près uniquement déterminée ou par le premier ou par le second facteur.*

Considérons une bobine vibrant en demi-onde. Ses deux moitiés OP, ON possédant à chaque instant des charges égales et de signes contraires peuvent être assimilées aux armatures d'un condensateur AB.

La capacité intrinsèque de la moitié positive OP (*capacité homopolaire*) est d'autant plus grande que le potentiel créé par les charges positives en P est plus petit, c'est-à-dire que *la demi-bobine est plus longue*.

Mais par ailleurs les charges négatives de la moitié ON abaissent le potentiel de la moitié positive OP, et ce, d'autant plus que les extrémités N et P de la bobine, où la densité de charge est maxima, sont plus rapprochées. Il en résulte un *accroissement* $\Delta C$ *de la capacité du système d'autant plus grand que la bobine est plus courte.* Nous donnerons à cet accroissement le nom de *capacité hétéropolaire* de la bobine.

On peut donc considérer la capacité effective comme la somme

$$C_e = C_{\text{hom}} + C_{\text{hét}}.$$

Quand $l$ varie de 0 à $\infty$, $C_{\text{hom}}$ varie de 0 à $\infty$ et $C_{\text{hét}}$ de $\infty$ à 0. L'existence du minimum de $C_e$ se trouve donc expliquée ([1]).

*Conclusions.* — La capacité effective d'une bobine vibrant en demi-onde prend une forme simple :

1° dans le cas des bobines très longues où elle peut être assimilée à la capacité d'un conducteur unique isolé dans l'espace (capacité répartie de la théorie de Kirchhoff). On a alors

$$C_e = C_{\text{hom}} = \text{const.} \times l, \qquad L_e = \text{const.} \times l,$$

d'où

(I) $$\lambda_0 = \text{const.} \times l \quad (\text{résultat classique});$$

2° dans le cas des bobines très courtes où elle peut être assimilée à la capacité d'un condensateur à lame mince inversement proportionnelle à la

---

([1]) L'existence de la capacité hétéropolaire en modifiant pour les bobines courtes la répartition de $i$ le long de la bobine augmente $L_e$ par rapport à la valeur $L \times 2/\pi$ que nous avons admise en première approximation, mais l'allure générale de la variation de $C_e$ en fonction de $l$ reste la même.

longueur de la bobine [1],

$$C_e = C_{\text{hét}} = \frac{\text{const.}}{l}, \qquad L_e = \text{const.} \times l^2,$$

d'où

$$\text{(II)} \qquad \lambda_0 = \text{const.} \sqrt{l}.$$

PHYSIQUE. — *Pouvoir inducteur spécifique des solutions colloïdales.* Note [2] de MM. **T. Nanty** et **M. Valet**, transmise par M. V. Grignard.

Les auteurs ont imaginé un nouveau dispositif pour la détermination du pouvoir inducteur spécifique des solutions légèrement conductrices, sur lesquelles on ne peut faire de mesures qu'avec une capacité très faible, pour éviter de trop amortir les circuits de mesure.

Le nouveau dispositif utilise le pont de Wheatstone en haute fréquence avec un appareil de zéro d'une très grande sensibilité, ce qui est nécessaire quand on mesure les très faibles variations de pouvoir inducteur spécifique qu'on rencontre fréquemment chez les solutions colloïdales. Il se compose d'un amplificateur de haute fréquence à résonance à liaison self-capacités.

La différence de potentiel du pont est appliquée aux bornes d'une résistance de 1 mégohm insérée entre grille et cathode de la première lampe à écran.

Un circuit oscillant couplé avec le circuit de plaque de la dernière lampe comporte une détection par galène. L'intensité du courant détecté est mesurée par une suite de milliampèremètres de sensibilité croissante formant vernier. Chacun d'eux est mis en service quand le précédent a donné son indication.

Avec cet appareil la stabilité est parfaite, le point sensible se maintient plusieurs mois sans aucune retouche.

Le voltmètre amplificateur utilisé précédemment [3] présente une instabilité assez considérable qu'il n'a pas été possible d'éliminer.

L'amplificateur est entièrement blindé en cuivre rouge épais, pour le soustraire à toutes les perturbations provenant soit de l'extérieur, soit de l'émetteur lui-même.

Le réglage des condensateurs variables d'accord, dont le rotor est à la masse, se fait à l'aide d'un bouton unique.

---

[1] En effet l'épaisseur du diélectrique est ici la somme des épaisseurs des isolants des spires.

[2] Séance du 26 mars 1934.

[3] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 883.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur l'action réciproque des ondes et des particules dans un champ constant.* Note de M. **Emile Sevin**, transmise par M. Ernest Esclangon.

Nous avons montré que, lorsqu'aucun champ extérieur n'agissait, l'état stationnaire des ondes électromagnétiques et des particules matérielles satisfaisait à l'équation de M. Schrödinger ([1]). Nous nous proposons aujourd'hui de traiter la même question quand il intervient un champ électromagnétique indépendant du temps.

Soient E l'énergie totale d'une particule, invariable en état stationnaire, $\varepsilon$ sa charge, $\vec{v}$ sa vitesse et $(V, \vec{A})$ le potentiel qui caractérise le champ :

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} + \varepsilon V,$$

d'où, en désignant par $dT$ la variation de l'énergie cinétique,

$$dT = -\varepsilon\, dV = \frac{m_0 v\, dv}{(1-\beta^2)^{\frac{3}{2}}} \tag{1}$$

Explicitons le processus physique qui entre en jeu et qui nous a conduit à la solution du problème en l'absence d'un champ ([2]). A cet effet, choisissons comme origine un instant où la particule émet une onde de structure; la période $\tau = \tau_0 \sqrt{1-\beta^2}$ de cette onde n'est autre que la période propre de la particule, et il est à considérer que, si elle varie avec l'énergie cinétique, elle reste par contre indépendante du potentiel $(V, \vec{A})$. Par ailleurs, si nous désignons par $\nu$ la fréquence du rayonnement électromagnétique étudié, pour un observateur se déplaçant avec la particule, sa fréquence apparente est

$$\nu_1 = \nu\left(1 - \frac{v + 1/2\, dv}{c}\right),$$

$dv$ étant la variation de la vitesse de la particule au bout du temps $1/\nu_1$, et, à ce moment, celle-ci doit pouvoir émettre à nouveau une onde de structure.

Pour qu'il puisse en être ainsi, la première onde de structure doit se

---

([1]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 980.

([2]) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 986; *Gravitation, lumière et électromagnétisme*, 2e édition, p. 55.

présenter en phase favorable. Or, pendant le temps $1/\nu_1$, la particule parcourt une distance $(v+1/2\,dv)/\nu_1$, et, pour un observateur accompagnant celle-ci, la période de la première onde de structure vaut

$$\tau_1 = \frac{\tau}{1-\frac{v+1/2\,dv}{c}} = \frac{\tau_0\sqrt{1-\beta^2}}{1-\frac{v+1/2\,dv}{c}};$$

il en résulte qu'il y aura résonance si l'on écrit que la distance $(v+1/2\,dv)/\nu_1$ est égale à $c\tau_1$ :

$$(2) \qquad \frac{v+1/2\,dv}{\nu_1} = \frac{v+1/2\,dv}{\nu\left(1-\frac{v+1/2\,dv}{c}\right)} = c\tau_1 = \frac{c\tau_0\sqrt{1-\beta^2}}{1-\frac{v+1/2\,dv}{c}}.$$

Tenant compte de ce que $h = m_0c^2\tau_0$, cette équation fournit l'expression

$$\frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{h\nu}{c} - \frac{1}{2}\frac{m_0\,dv}{\sqrt{1-\beta^2}},$$

ou, d'après (1),

$$(3) \quad \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{h\nu}{c} + \frac{\varepsilon}{2}\frac{1-\beta^2}{v}\,d\mathrm{V} = \frac{h\nu}{c} + \frac{\varepsilon}{2}\frac{1-\beta^2}{v}\left(\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x}dx + \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial y}dy + \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial z}dz\right).$$

Enfin, la relation (2) montrant que la distance franchie par la particule, pendant le temps $1/\nu_1$, vaut sensiblement $v/\nu(1-\beta)$, en portant cette grandeur dans (3) et en désignant par $i, j, k$ les cosinus directeurs qui définissent l'orientation de la propagation, il vient :

$$\frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{h\nu}{c} + \frac{\varepsilon}{2}\frac{1+\beta}{\nu}\left(i\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial x} + j\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial y} + k\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial z}\right).$$

Pour que l'équation de M. Schrödinger soit applicable, il faut et il suffit que le terme entre parenthèses soit nul, ce qui implique que le champ qui agit doit être purement magnétique ou que la particule doit se déplacer sur une surface équipotentielle d'un champ électrique : dans ces deux cas, la vitesse de la particule demeure invariable et la fréquence de l'onde reste inchangée, le calcul s'achève comme en l'absence de l'intervention d'un champ, et l'on parvient à l'équation de M. Schrödinger en sa forme complète, étant entendu que, cette fois, l'énergie potentielle U vaut $\varepsilon\mathrm{V} + m_0c^2$.

*Conclusions générales.* — On retrouve ainsi les résultats auxquels nous sommes déjà parvenu, à savoir que les trajectoires des électrons dans les atomes, y compris celles qui concernent la structure fine, sont toutes quasi circulaires; les ondes qui résultent de la circulation des électrons en cause

sont de nature physique et constituent les champs magnétiques des atomes.

Lorsqu'on soumet des électrons libres à l'action d'un rayonnement électromagnétique de fréquence $\nu$, c'est en général le phénomène de Compton que l'on observe; pour que l'état stationnaire du rayonnement et des électrons pût se manifester, il conviendrait de projeter ceux-ci artificiellement, dans la direction de la propagation du rayonnement, en leur communiquant des quantités de mouvement individuelles telles que $c/\nu = nh\sqrt{1-\beta^2}/m_0 v$, et il y a là une importante vérification expérimentale à tenter. Cependant, dans le domaine du rayonnement cosmique, l'état stationnaire est la règle, et cet état n'est pas modifié par l'influence du champ magnétique terrestre; l'équation de M. Schrödinger est valable, et cela signifie que, du fait de l'action réciproque des ondes et des particules, le champ magnétique terrestre dévie une partie du rayonnement électromagnétique primaire en même temps que les électrons du rayonnement secondaire.

MAGNÉTISME. — *Sur l'interprétation des propriétés paramagnétiques des alliages.* Note [1] de M. L. **Néel**, transmise par M. Pierre Weiss.

Une interprétation formelle des propriétés magnétiques des solutions solides entre métaux ferromagnétiques peut se baser sur les hypothèses suivantes : 1° les atomes des constituants conservent en solution leur individualité et leur moment magnétique : en principe, on peut donc distinguer les parts contributives $\mathcal{J}_A$ et $\mathcal{J}_B$ à l'aimantation totale $\mathcal{J}$ des constituants A et B; 2° la répartition des atomes est statistique : tous les atomes de la solution possèdent le même entourage; 3° l'action des atomes voisins d'un atome A est équivalente formellement à un champ magnétique *fictif* $h_A$, qui s'ajoute au champ extérieur et qui est la somme de deux termes, l'un proportionnel à $\mathcal{J}_A$ et l'autre à $\mathcal{J}_B$ : $h_A = a\mathcal{J}_A + b\mathcal{J}_B$. De même, l'action des atomes voisins sur un atome B est équivalente à un champ fictif : $h_B = b'\mathcal{J}_A + c\mathcal{J}_b$; $h_A$ et $h_B$ peuvent être différents; $a$, $b$ et $c$ sont indépendants de la température et de la concentration. Une étude plus complète montre que $b' = b$.

Dans ces conditions, $C_A$ et $C_B$ étant les constantes de Curie atomiques, P et Q les concentrations atomiques des constituants A et B, la susceptibilité

(1) Séance du 26 mars 1934.

atomique $\chi_A$ de l'alliage est ([1])

$$\frac{1}{\chi_A} = \frac{T^2 - T(PaC_A + QcC_B) + PQC_AC_B(ac - b^2)}{T(PC_A + QC_B) - PQC_AC_B(a + c - 2b)}, \tag{1}$$

$a$ et $C_A$, $c$ et $C_B$ se déterminent au moyen des points de Curie et des constantes de Curie des constituants purs. Une seule constante d'interaction $b$ représente les actions mutuelles entre les deux constituants. Pour un alliage, la droite de la loi de Curie-Weiss serait donc remplacée par une courbe. A première vue, ceci semble en désaccord avec les résultats de l'étude expérimentale des alliages ferromagnétiques qui obéissent à la loi de Weiss. Mais l'étude de la formule (1) montre toujours que, dans l'intervalle de température des mesures, les différences entre une droite moyenne et la courbe (1) sont inférieures aux erreurs d'expérience. Les droites observées ne sont que les tangentes au point de Curie et *les constantes de Curie correspondantes n'ont pas de signification simple.*

La première hypothèse, permanence du moment, n'est pas vérifiée pour un métal pur lorsque le réseau change. Je n'appliquerai donc ici la formule (1) que dans le système du cube à faces centrées. Il est très probable aussi qu'une modification du paramètre du réseau modifie les énergies d'interaction et par suite $a$, $b$ et $c$. Les supposer constants ne peut constituer qu'une première approximation.

D'autre part, remplacer les interactions par un champ moléculaire revient à négliger *les effets de fluctuations*. Pour un ferromagnétique, ces effets n'intéressent qu'une région d'une centaine de degrés autour du point de Curie et sont en somme négligeables. La théorie doit donc s'appliquer particulièrement bien aux Ni-Co, dont les constituants possèdent des champs moléculaires positifs. Effectivement, la formule (1) représente, avec toute la précision des expériences, les résultats expérimentaux de Bloch sur les alliages Ni-Co (*Thèse Zürich*, 1912). Mais, pour un corps à champ moléculaire négatif, comme $Fe_\gamma$, les effets de fluctuation deviennent prépondérants puisqu'ils tranforment un paramagnétisme variable en paramagnétisme indépendant de la température : la formule (1) ne donne en effet que l'allure générale des variations des propriétés magnétiques des Ni-$Fe_\gamma$ et des Co-$Fe_\gamma$.

Pour un ferromagnétique pur, la constante d'interaction $a$ est reliée à la constante de Curie et au point de Curie par la formule $\theta = aC$. Pour un

---

([1]) Cf. Néel, *Ann. de Physique*, 17, 1932, p. 61.

paramagnétique constant (Mn ou Cr), la constante est donnée en fonction de la susceptibilité $\chi$ par la formule $a = -\lambda/\chi$; $\lambda$ étant un coefficient numérique compris entre 0,5 et 1. En adoptant $\lambda = 0,75$ on aura, tout au moins, un ordre de grandeur. Enfin l'étude des alliages $Fe_\gamma$-Ni, $Fe_\gamma$-Co, Ni-Co permet d'évaluer trois autres constantes d'interaction entre métaux différents.

Il est intéressant, comme Slater et Stoner [1] l'ont fait sous une forme un peu différente, de rapprocher ces constantes d'interaction du rapport R de la distance de deux atomes voisins à la somme des rayons effectifs des couches incomplètes $3d$. Les valeurs de R ont été empruntées à Stoner. Les résultats sont relatifs à des états $\gamma$ (cube à faces centrées). Le tableau montre que la constante d'interaction $a$ varie très régulièrement en fonction de R.

| | Cr-Cr. | Mn-Mn. | $Fe_\gamma$-$Fe_\gamma$. | $Fe_\gamma$-Co. | $Fe_\gamma$-Ni. | Co-Co. | Ni-Co. | Ni-Ni. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R......... | 1,30 | 1,47 | 1,63 | 1,72 | 1,79 | 1,82 | 1,89 | 1,97 |
| $a \times 10^{-5}$... | −1,75 | −0,76 | −0,06 | 0,42 | 0,93 | 0,73 | 1,17 | 1,19 |

Ces résultats constituent une extension et une confirmation des idées de Slater et de Stoner. Dans l'état $\gamma$, le passage du champ moléculaire négatif au champ moléculaire positif s'effectue pour une valeur de R voisine de 1,65.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une méthode de mesure de l'adhérence des dépôts électrolytiques*. Note [2] de M. **P. Jacquet**, présentée par M. G. Urbain.

La mesure de l'adhérence des dépôts électrolytiques présente un intérêt considérable aussi bien au point de vue scientifique qu'au point de vue pratique. Pour l'apprécier on se contente en fait d'essais purement qualitatifs. Seule la méthode d'Ollard [3] permet des déterminations quantitatives, mais elle ne peut s'appliquer qu'à des dépôts très épais (au mini-

---

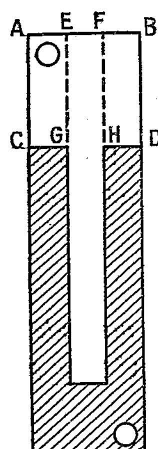
(1) Slater, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 57; Stoner, *Proc. Leeds Phil. Soc.*, 2, Part IX, 1933, p. 391.

(2) Séance du 26 mars 1934.

(3) Ollard, *Trans. Faraday Soc.*, 21, 1925-1926, p. 81.

mum $2^{mm},5$), ce qui en restreint beaucoup l'intérêt puisque l'on réalise le plus souvent des dépôts dont l'épaisseur est au maximum de quelques dixièmes de millimètres.

Le dépôt peut être séparé de son support s'il est détachable à l'une de ses extrémités. Ce résultat s'obtient au moyen d'un artifice basé sur l'emploi d'une couche de colloïde fixée par adsorption (¹). Soit par exemple à déterminer l'adhérence d'un dépôt de cuivre sur acier nickelé. Une plaquette d'acier mesurant $55^{mm} \times 15^{mm}$, convenablement dégraissée et décapée, est recouverte d'un dépôt électrolytique de nickel. Sur l'une des faces de la lame ainsi préparée on délimite au moyen d'un vernis une bande mesurant exactement $5^{mm}$ de largeur et $30^{mm}$ de longueur. Après un léger dégraissage électrolytique de toute la surface, la partie ABCD (voir figure) est plongée pendant quelques secondes dans une solution aqueuse de peptone




à $0^{g},5$ par litre; on lave ensuite abondamment sous courant d'eau, et la lame entière est placée comme cathode dans un bain de cuivrage renfermant par litre $250^{g}$ $SO^4Cu\,5H^2O$ et $100^{g}$ $SO^4H^2$ pendant le temps nécessaire pour obtenir l'épaisseur de cuivre désirée. Dans la partie ABCD du dépôt, soigneusement détachée (en limant les arêtes CA, AB et BD), on découpe une languette EFGH qui prolonge la bande de $5^{mm}$. La lame étant maintenue horizontale et fixe, la languette dressée perpendiculairement au

(¹) P. Jacquet, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 921.

support est serrée fortement dans une pince à l'extrémité de laquelle on adapte un plateau léger où l'on dispose des poids jusqu'à ce que la bande de cuivre se détache. Dans les cas où le poids nécessaire est supérieur à $2^{kg}$, il convient d'utiliser un dispositif comportant un levier de façon à multiplier l'effort.

Ces mesures ne sont possibles que si le dépôt ne risque pas de se rompre. Dans le cas du cuivre déposé sur nickel, une épaisseur de dépôt de $0^{mm},30$ environ permet d'étudier systématiquement l'influence de divers facteurs.

Un grand nombre de mesures ont été effectuées par la méthode décrite ci-dessus. A titre d'exemple nous donnons dans le tableau suivant les résultats obtenus avec quatre pièces d'acier nickelées et cuivrées exactement dans les mêmes conditions. Le dépôt de nickel sur l'une des faces de chaque lame a été poli soigneusement et celui qui recouvre l'autre face conservé dans l'état où il se trouvait à la sortie du bain de nickelage.

| | Adhérence moy. en grammes (1). | |
|---|---|---|
| N° d'ordre. | Sur Ni mat. | Sur Ni poli. |
| 36 | 8300 | > 15000 |
| 37 | 10000 | Id. |
| 38 | 9450 | Id. |
| 39 | 8400 | Id. |

Les valeurs données dans ce tableau permettent de se rendre compte de l'ordre de grandeur des adhérences mesurées, et montrent que les écarts constatés atteignent au maximum 20 pour 100. L'expérience prouve que cette précision est suffisante pour une étude systématique.

(1) Moyenne entre le poids qui commence le *détachage* et celui qui l'achève. Épaisseur du dépôt de cuivre $0^{mm},30$.

SPECTROSCOPIE. — *Application des spectres de diffusion (effet Raman) et d'absorption dans l'infrarouge à la distinction des cinq hexanes isomères.* Note (1) de MM. **A. Andant**, **P. Lambert** et **J. Lecomte**, transmise par M. A. Cotton.

Les cinq carbures saturés aliphatiques en $C^6$ que l'on peut prévoir sont :

| | |
|---|---|
| l'hexane normal | $CH^3-CH^2-CH^2-CH^2-CH^2-CH^3$ |
| l'isohexane | $\frac{CH^3}{CH^3}>CH-CH^2-CH^2-CH^3$ |
| le méthyldiéthylméthane | $CH^3-CH<\frac{CH^2-CH^3}{CH^2-CH^3}$ |
| le triméthyléthylméthane | $(CH^3)(CH^3)(CH^3)\equiv C-CH^2-CH^3$ |
| le diisopropyle | $\frac{CH^3}{CH^3}>CH-CH<\frac{CH^3}{CH^3}$ |

La préparation et la purification de ces carbures ont été effectuées par M. A. Maman (2). Nous nous proposons de montrer que *l'étude simultanée des spectres d'absorption infrarouges (entre* 1450 *et* 500 cm$^{-1}$) *et des spectres de diffusion (effet Raman) relatifs à ces carbures* (3) *fait apparaître des différences très nettes entre ces isomères.*

En premier lieu, l'effet Raman, aussi bien que les spectres d'absorption dans l'infrarouge, nous ont permis de nous assurer que les produits examinés contenaient, dans une proportion supérieure à 99 pour 100, uniquement des carbures saturés aliphatiques. Ainsi, dans les premières fractions de l'hexane, nous avions pu reconnaître la présence, en petites quantités, de certaines matières premières (iodure de propyle ou alcool hexylique) qui avaient servi à sa préparation et qui se traduisaient dans le spectre par des bandes caractéristiques. En deuxième lieu, l'étude des spectres obtenus indique, ainsi que les méthodes de synthèse utilisées le laissaient prévoir, qu'il s'agit, dans chacun de ces produits, de corps purs et non de mélanges d'isomères.

---

(1) Séance du 26 mars 1934.

(2) Voir plus bas, p. 1323.

(3) Pour les techniques expérimentales utilisées, voir A. Andant, *Publ. Sc. Ministère de l'Air*, fasc. n° 21; J. Lecomte et P. Lambert, *ibid.*, fasc. n° 34; J. Lecomte, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1011.

*Tableau des fréquences observées* (en $cm^{-1}$).

| Hexane *n* | | Iso-hexane | | Méthyldiéthyl-méthane | | Triméthyléthyl-méthane | | Diisopropyle | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| infrarouge. | Raman. | infrarouge. | Raman. | infrarouge. | Raman. | infrarouge. | Raman. | infrarouge. | Raman. |
| (*) | 322 f. | | 320 f. | | | | | | |
| (*) | 355 f. | | | | | | | | |
| 719 F. | | 732 F. | 721 f. | 740 m. | 747 f. | 724 f. | 725 aF. | 724 m. | 737 F. |
| 754 f. | | | | 778 F. | | 779 F. | 760 f. | | 771 f. |
| 804 f. | 825 f. | 815 aF. | 808 F. | 811 m. | 810 F. | | | | |
| | | 854 m. | | | | | | | |
| 888 F. | 900 F. | 889 m. | 890 f. | 872 m. | 875 f. | 867 m. | 874 m. | 865 m. | 850 f. |
| | | 914 f. | | 908 f. | | 911 F. | 932 F. | 915 m. | |
| 966 aF. | | 952 aF. | 950 F. | 956 F. | 950 F. | 950 tf. | 947 F. | | 945 F. |
| | | | | 975 F. | | 985 F. | | 988 f. | |
| | | 1012 f. | | | 1014 F. | 1012 F. | | | |
| 1024 aF. | 1041 f. | | 1043 f. | 1040 f. | 1034 aF. | 1064 f. | 1057 f. | 1042 aF. | 1053 f. |
| 1128 m. | | | | | | 1123 F. | | 1132 F. | |
| | 1150 f. | 1143 F. | 1150 F. | 1141 F. | 1158 F. | | 1143 F. | | 1150 F. |
| 1299 f. | 1315 f. | 1245 f. | 1257 F. | 1265 f. | 1260 f. | 1265 f. | 1285 f. | 1265 f. | 1276 aF. |
| * | | * | 1308 f. | * | 1322 aF. | * | | * | 1325 f. |
| * | | * | 1374 f. | * | 1378 aF. | * | 1397 f. | * | |
| * | | * | 1439 F. | * | 1439 F. | * | 1448 F. | * | 1459 TF. |
| * | 1452 TF. | * | 1457 F. | * | 1448 F. | * | 1466 F. | * | |
| * | 2865 TF. | * | 2865 TF. | * | 2870 TF. | * | 2880 TF. | * | 2865 TF. |
| * | 2940 TF. | * | 2950 TF. | * | 2960 TF. | * | 2970 TF. | * | 2970 F. |

(*) correspond à une région non explorée.

* On trouve, dans cette région, une très forte absorption, mais la dispersion du spectromètre n'était pas suffisante pour séparer les composantes.

On remarquera que, sur le tableau précédent, on ne retrouve pas, dans l'infrarouge, toutes les bandes prédites au moyen de l'effet Raman, et que, réciproquement, certaines bandes infrarouges n'apparaissent pas dans le spectre de diffusion. D'ailleurs, les intensités des bandes ne sont pas non plus comparables dans les deux phénomènes, ce qui engage à recommander l'emploi simultané des deux méthodes d'analyse.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'absorption de l'oxygène dans l'ultraviolet lointain.* Note (¹) de MM. **Daniel Chalonge** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Ch. Fabry.

Au cours de recherches sur la transparence de l'atmosphère dans l'ultraviolet lointain faites à Lauterbrunnen et au Jungfraujoch, en août 1933, nous avons observé ce spectre qui n'avait jusqu'alors été obtenu qu'avec difficulté au laboratoire par Herzberg (²) et par Herman (³).

La méthode employée consiste à photographier à une distance variant entre 400ᵐ et 6ᵏᵐ le spectre continu d'un tube à hydrogène. Le spectrographe utilisé est à optique de quartz et à prisme objectif. Au lieu d'un spectre filiforme, dont l'étude photométrique serait difficile et peu précise, nous obtenons un spectre de hauteur appréciable (1ᵐᵐ,3, en moyenne) grâce à l'artifice indiqué par Couder (⁴) : l'objectif de la chambre (achromat quartz-fluorine de 56ᶜᵐ de distance focale) est incliné d'une quinzaine de degrés à partir de sa position normale autour de son diamètre parallèle à l'arête du prisme; comme il satisfait à la condition des sinus, les faisceaux qui, pour une position normale de l'objectif, viendraient converger aux diverses images monochromatiques de la source (qui, aux distances employées, est assimilable à un point), s'appuient sur deux focales. L'ensemble des focales tangentielles constitue un spectre que l'on recueille sur la plaque. L'inclinaison de la lentille est telle que l'obliquité des faisceaux tombant sur elle décroît vers les courtes longueurs d'onde : l'astigmatisme décroît en même temps et le spectre est moins étalé en hauteur pour les courtes longueurs d'onde (0ᵐᵐ,7 à 2400 Å) que pour les grandes (2ᵐᵐ à 6500 Å). Le spectre obtenu est donc analogue à celui qu'un spectrographe ordinaire donnerait d'une source composée des mêmes radiations que celle employée mais plus riche en longueurs d'onde courtes : ce fait est particulièrement avantageux dans le cas présent, étant donné la plus grande absorption que subissent ces radiations de la part de l'atmo-

(¹) Séance du 26 mars 1934.

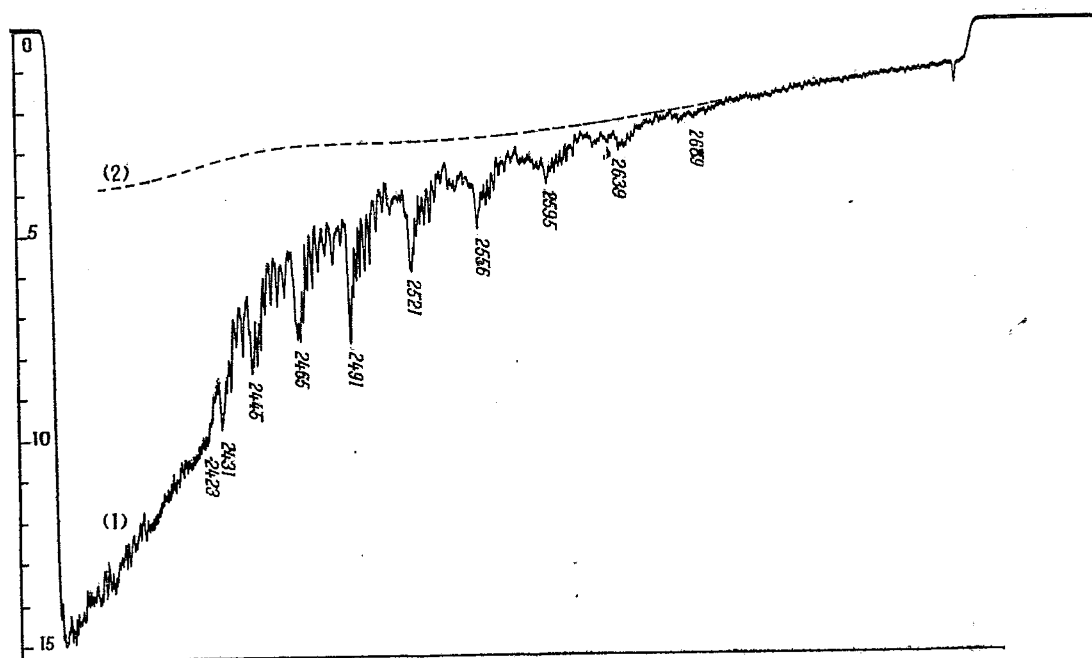
(²) *Naturw*, 20, 1932, p. 577.

(³) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1877. Herman a également observé, depuis, ce spectre dans l'atmosphère (*Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1342).

(⁴) Couder, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1199.

sphère. Le tube à hydrogène, de modèle ordinaire (¹), était alimenté par un courant de 150 mA et son rayonnement était condensé par une lentille quartz-fluorine de $60^{mm}$ de diamètre. Dans ces conditions, il suffisait d'une pose de 30 secondes pour obtenir, à des distances comprises entre $1500^m$ et $1900^m$, sur plaque Fulgur, un spectre présentant un très bon noircissement jusqu'à 2400 Å.

La figure représente en (1) l'enregistrement au microphotomètre d'un de




Spectre d'absorption de l'oxygène atmosphérique ($1550^m$ d'air; $p = 690^{mm}$):
Le zéro des ordonnées correspond à la transparence nulle.

ces spectres (distance $1550^m$, pression $690^{mm}$). Les longueurs d'onde des têtes de bandes sont inscrites sur la figure. Les bandes vont en se resserrant du côté des courtes longueurs d'onde et sont suivies par un spectre continu qui n'avait pas encore été observé mais dont Herzberg avait prévu l'existence. La longueur d'onde $\lambda_l$ commune du point de convergence des bandes et de la limite théorique du spectre continu a été déterminée par la méthode de Birge : $\lambda_l = 2420$ Å. L'absorption d'une longueur d'onde plus courte est suivie de la dissociation de la molécule et le potentiel de dissociation est

(¹) Chalonge et Lambrey, *Revue d'Optique*, 8, 1929, p. 332.

$D = h/c\lambda_l = 5{,}09$ volts, valeur identique au potentiel de dissociation de la molécule d'oxygène à son état normal ($^3\Sigma_g^-$) en deux atomes d'oxygène normaux ($^3P$).

L'état initial de la transition est donc le niveau de vibration nulle de la molécule d'oxygène dans son état normal. De l'état final, on peut simplement dire que sa courbe d'énergie potentielle doit avoir : 1° une asymptote commune avec la courbe de l'état initial puisque les produits de dissociation des deux états sont les mêmes et 2° un minimum d'abscisse plus grande que celle du minimum de l'état initial puisque les bandes sont dégradées vers le rouge. La courbe (2) (calculée) représente le tracé que donnerait le microphotomètre si les seules causes d'affaiblissement du rayonnement étaient l'absorption par l'ozone et la diffusion. On voit que l'absorption de l'oxygène va en croissant vers les longueurs d'onde courtes et qu'elle est grande dans la région d'absorption continue : cela suggère que les transitions les plus probables doivent donner lieu à la dissociation. Les radiations quantifiées résulteraient de transitions moins probables, ce qui permettrait d'expliquer, au moins partiellement, leur faible intensité.

Le spectre observé par Finkelnburg et Steiner (¹) dans l'oxygène comprimé semble être identique à celui que nous étudions : la plupart des triplets qu'ils signalent s'identifient très bien avec des groupes de raies bien visibles sur la figure.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les séries radioactives et la classification des éléments légers.* Note (²) de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les diverses expériences de transmutation des éléments ont montré la possibilité de réaliser un grand nombre de transformations complexes des noyaux pouvant être ordonnées en éléments de séries analogues aux séries radioactives. Cette analogie est renforcée si l'on remarque que les éléments susceptibles de transmutation, notamment par choc de rayons $\alpha$, sont compris entre $Z = 3$ et $Z = 15$ et que les séries radioactives s'étendent de $Z = 81$ à $Z = 92$. On est donc conduit à essayer de classer les éléments légers suivant des séries homologues des séries radioactives.

Ceci se réalise facilement à partir des familles du thorium et du radium

(¹) *Zts. f. Phys.*, 79 1932, p. 69.
(²) Séance du 19 mars 1934.

en attachant à chaque corps radioactif un élément léger, la correspondance se faisant régulièrement depuis les éléments 15 et 81 en ordre croissant pour les éléments radioactifs et en ordre décroissant pour les éléments légers, à une désintégration α correspondant une intégration α, à une désintégration β une désintégration avec émission de particules lourdes, demi-hélion, proton ou neutron.

La partie connue de la série de l'actinium permet de compléter la série des isotopes des éléments de $Z = 5$ à $Z = 15$. On peut alors au moyen des éléments légers restants compléter cette série sans ambiguïté et son allure est la même que celle des familles du radium et du thorium. La correspondance ainsi établie permet de fixer la chaîne de transformation de la partie supérieure de la série de l'actinium.

Les séries homologues ainsi obtenues sont :

*Homologue de la famille du radium.*

$^{4}\mathrm{He}_{1}$ — $^{8}\mathrm{Be}_{1}$ — $^{12}\mathrm{C}_{1}$ — $^{10}\mathrm{B}_{1}$ — $^{8}\mathrm{Be}_{2}$ — $^{12}\mathrm{C}_{3}$ — $^{16}\mathrm{O}_{2}$ — $^{20}\mathrm{Ne}$ — $^{24}\mathrm{Mg}$ — $^{28}\mathrm{Si}$ — $^{27}\mathrm{Al}_{1}$ — $^{26}\mathrm{Mg}_{2}$

| |

$^{31}\mathrm{P}_{1}$ — $^{30}\mathrm{Si}_{2}$ — $^{27}\mathrm{Al}_{4}$ — $^{26}\mathrm{Mg}_{5}$ — $^{30}\mathrm{Si}_{5}$

*Homologue de la famille du thorium.*

$^{4}\mathrm{He}_{2}$ — $^{8}\mathrm{Be}_{2}$ — $^{12}\mathrm{C}_{2}$ — $^{16}\mathrm{O}_{1}$ — $^{14}\mathrm{N}$ — $^{13}\mathrm{C}$ — $^{17}\mathrm{O}$ — $^{21}\mathrm{Ne}$ — $^{25}\mathrm{Mg}$ — $^{29}\mathrm{Si}$ — $^{27}\mathrm{Al}_{2}$ — $^{26}\mathrm{Mg}_{3}$

| |

$^{31}\mathrm{P}_{2}$ — $^{30}\mathrm{Si}_{3}$

*Homologue de la série de l'actinium.*

$^{2}\mathrm{H}$ — $^{6}\mathrm{Li}$ — $^{10}\mathrm{B}_{2}$ — $^{9}\mathrm{Be}$ — $^{7}\mathrm{Li}$ — $^{11}\mathrm{B}$ — $^{15}\mathrm{N}$ — $^{19}\mathrm{F}$ — $^{23}\mathrm{Na}$

|

$^{14}\mathrm{C}$ — $^{18}\mathrm{O}$ — $^{22}\mathrm{Ne}$ — $^{26}\mathrm{Mg}_{1}$ — $^{30}\mathrm{Si}_{1}$ — $^{27}\mathrm{Al}_{3}$ — $^{26}\mathrm{Mg}_{4}$

| |

$^{31}\mathrm{P}_{3}$ — $^{30}\mathrm{Si}_{4}$

La série de l'actinium que l'on en déduit est alors

243 —α— 239 —α— 235 —β— 235 —β— 235 —α— 231 PAc —α— 227 Ac —α— 223 —α— 219

227 Ac —β— 227 RdAc —α— 223 AcX —α— 219 Acn —α— 215 AcA —α— 211 AcB —β— 211 AcC

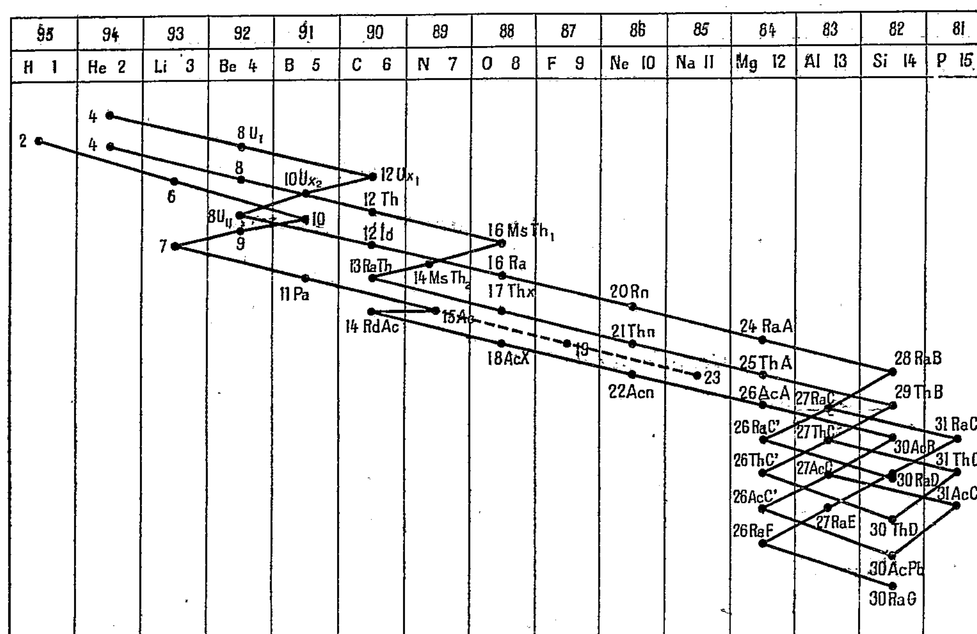
AcC 211 —α— 207 AcC″ —β— 207 AcPb

AcC 211 —β— AcC′ —α— 207 AcPb

On est amené à tenir compte de l'existence d'une fourche à partir de l'actinium, conduisant par l'intermédiaire de désintégrations α aux éléments inconnus 87 et 85 dont les masses seraient 223 et 219.

Les trois séries d'éléments légers contiennent tous les isotopes connus des corps légers de numéro $Z < 16$. Le seul isotope inconnu introduit est le carbone 14, correspondant à une anomalie de la série de l'actinium.

Il faut remarquer qu'un certain nombre d'éléments sont obtenus plusieurs fois avec la même masse dans la même famille ou dans des familles différentes. Conformément à la règle de construction donnée plus haut on est conduit à leur attribuer des énergies internes, d'où des stabilités différentes, l'isobare correspondant au corps radioactif le plus léger étant le plus stable.



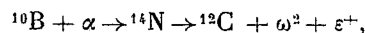

Ce schéma de formation des éléments légers permet de formuler les lois des transmutations artificielles par action de rayon $\alpha$ :

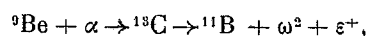
1° si le corps formé par la fixation de la particule $\alpha$ figure dans la série du corps initial il y a fixation avec émission de rayonnement $\gamma$;

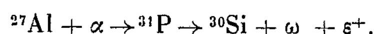
2° si le corps formé ne figure pas dans la série le composé sera instable et se décomposera en émettant soit des protons, soit des neutrons et des positrons, de manière à obtenir un produit final appartenant à la série initiale.

C'est ainsi que l'on a par exemple, pour schémas des radioactivités avec

émission de positrons :


$$^{10}B + \alpha \rightarrow {}^{14}N \rightarrow {}^{12}C + \omega^2 + \varepsilon^+,$$


$$^{9}Be + \alpha \rightarrow {}^{13}C \rightarrow {}^{11}B + \omega^2 + \varepsilon^+,$$


$$^{27}Al + \alpha \rightarrow {}^{31}P \rightarrow {}^{30}Si + \omega + \varepsilon^+.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la préparation et quelques propriétés physico-chimiques de l'hexane et de ses isomères.* Note [1] de M. **Maman**, transmise par M. Cotton.

En vue d'obtenir des renseignements utiles sur la constitution des essences, nous avons entrepris, pour le Service des Recherches de l'Aéronautique, la préparation et l'étude des carbures acycliques saturés en $C^6$.

I. Préparation. — Nous avons recherché des méthodes comportant le moins possible de manipulations, fondées sur des réactions organiques bien établies, et donnant certainement un seul isomère en fin d'opérations.

1° *Hexane :*

$$\text{P. Eb}_{760} = 69°,5; \quad D_{20°} = 0,6583; \quad n^{20}_{589} = 1,37518;$$
$$n^{20}_{578} = 1,37570; \quad n^{20}_{546} = 1,37680; \quad n^{20}_{436} = 1,38343; \quad n^{20}_{405} = 1,38638.$$

*a.* Nous avons déshydraté de l'alcool hexylique normal et hydrogéné en phase vapeur, l'hexène obtenu, sur du nickel catalytique.

*b.* Nous avons électrolysé une solution aqueuse de butyrate de potassium pur.

2° *Isohexane :*

$$\text{P. Eb}_{760} = 60°,5; \quad D_{20°} = 0,6519; \quad n^{20}_{589} = 1,37170;$$
$$n^{20}_{578} = 1,37220; \quad n^{20}_{546} = 1,37327; \quad n^{20}_{436} = 1,37986; \quad n^{20}_{405} = 1,38279.$$

Nous avons condensé deux molécules d'iodure de méthyle-magnésium avec une molécule de butyrate d'éthyle. La déshydratation du diméthylpropylcarbinol formé a conduit à un mélange de carbures éthyléniques isomères (diméthyléthyléthylène et méthylpropyl-1 : 1-éthylène), que nous avons hydrogéné comme précédemment.

---

(1) Séance du 26 mars 1934.

3° *Méthyldiéthylméthane :*

P. $Eb_{760}$ = 62°,7; $D_{20}$ = 0,6614; $n^{20}_{589}$ = 1,37639; $n^{20}_{578}$ = 1,37691; $n^{20}_{546}$ = 1,37801; $n^{20}_{436}$ = 1,38466; $n^{20}_{405}$ = 1,38760.

Nous avons condensé deux molécules d'iodure d'éthylmagnésium avec une molécule d'acétate d'éthyle. Le méthyldiéthylcarbinol obtenu est déshydraté et le mélange de carbures éthyléniques isomères formés (diéthyl-1.1-éthylène et méthyléthyl-1-méthyl-2-éthylène) est hydrogéné.

4° *Triméthyléthylméthane :*

P. $Eb_{760}$ = 52°,5; $D_{20}$ = 0,6518; $n^{20}_{589}$ = 1,37054; $n^{20}_{578}$ = 1,37105; $n^{20}_{546}$ = 1,37212; $n^{20}_{436}$ = 1,37874; $n^{20}_{405}$ = 1,38164.

Nous avons traité la pinacoline par le pentabromure de phosphore, et transformé le dérivé dibromé cétonique ainsi obtenu en pseudobutylacétylène, par la potasse alcoolique. Nous avons alors hydrogéné ce carbure acétylénique.

5° *Diisopropyle :*

P. $Eb_{760}$ = 58°,2; $D_{20}$ = 0,6591; $n^{20}_{589}$ = 1,37471; $n^{20}_{578}$ = 1,37522; $n^{20}_{546}$ = 1,37630; $n^{20}_{436}$ = 1,38296; $n^{20}_{405}$ = 1,38586.

Nous avons déshydraté de la pinacone sur du bisulfate de potassium fondu, et hydrogéné le diméthylbutadiène formé.

II. Propriétés physicochimiques. — MM. Chavanne et Simon ont montré tout l'intérêt qu'il y avait à utiliser les températures critiques de solubilité (T. C. S.) pour l'analyse d'une essence. MM. Aubert et Aubrée ont montré le parti que l'on pouvait tirer de leur détermination dans plusieurs solvants. Voici ce que nous avons obtenu pour les hexanes :

| | Aniline. | Alcool benzylique. | Nitrobenzène. |
|---|---|---|---|
| Hexane | 69°,2 | 50,6 | 21,3 |
| Méthyldiéthylméthane | 69 | 50,1 | 21,4 |
| Isohexane | 73,9 | 58,8 | 25,7 |
| Diisopropyle | 71,8 | 54,4 | 24,1 |
| Triméthyléthylméthane | 76,1 | 62,9 | 27,9 |

Les dispersions de réfraction qui, ainsi que M. Darmois l'a fait voir, permettent d'obtenir des renseignements utiles pour l'étude des carburants, se révèlent, comme il fallait s'y attendre, sensiblement constantes pour les hexanes.

Pour les diverses radiations envisagées, on a

$$\frac{n^{20}_{578} - n^{20}_{589}}{d} = 7,8 \times 10^{-4} \pm 0,1 \times 10^{-4};$$

$$\frac{n^{20}_{546} - n^{20}_{589}}{d} = 24,3 \times 10^{-4} \pm 0,3 \times 10^{-4};$$

$$\frac{n^{20}_{436} - n^{20}_{589}}{d} = 125,3 \times 10^{-4} \pm 0,3 \times 10^{-4};$$

$$\frac{n^{20}_{405} - n^{20}_{589}}{d} = 169,6 \times 10^{-4} \pm 0,6 \times 10^{-4}.$$

III. Les spectres Raman et d'absorption dans l'infrarouge de ces carbures ont été étudiés par MM. Andant, Lambert et Lecomte [1].

PHYSIOLOGIE. — *Réactions psychomotrices visuelles consécutives à une illumination intense de l'œil.* Note [2] de MM. **Jean Escher-Desrivières, Robert Faillie** et **Raymond Jonnard**, transmise par M. d'Arsonval.

Nous nous sommes proposé d'étudier les réactions psychomotrices visuelles de deux sujets, pendant les quelques minutes consécutives à l'extinction d'un projecteur d'automobile puissant qui avait illuminé fortement le plan de sa pupille pendant 30 secondes (6200 lux).

Nos essais ont été pratiqués soit en lumière blanche, soit en lumière sélective jaune, obtenue par interposition d'une glace totalement opaque au bleu spectral jusqu'à 5000 Å, et dont les coefficients de transmission pour 5200 et 5600 Å étaient respectivement de 0,40 et 0,78.

Nous avons constaté que, après extinction du projecteur, il peut exister une période de cécité totale. L'observateur apprécie ensuite le départ de l'aiguille du chronoscope, bien qu'il soit gêné par une image accidentelle. Enfin il arrive un moment où l'acuité visuelle est retrouvée, car il devient possible de lire les graduations du cadran.

Nous indiquons dans le tableau ci-après les temps de cécité complète, $T_1$, en secondes, et de restauration de l'acuité visuelle, $T_2$, notés au cours de 28 séries de déterminations.

---

(1) Voir plus haut, p. 1316.
(2) Séance du 19 mars 1934.

| $T_1$ en blanc. | | | | $T_1$ en jaune. | | | $T_2$ en blanc. | | | $T_2$ en jaune. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | *Observateur I.* | | | | | | |
| 25 | 26 | 11 | 21 | 11 | 00 | 00 | 110 | 115 | 95 | 140 | 120 | 120 | – |
| 15 | 32 | 20 | 15 | 00 | 00 | 00 | 118 | 120 | – | 110 | 130 | – | – |
| | | | | | | | *Observateur II.* | | | | | | |
| 40 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 110 | 115 | 110 | 95 | 100 | 110 | 110 |
| 15 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 110 | 90 | 95 | 105 | 100 | 115 | – |

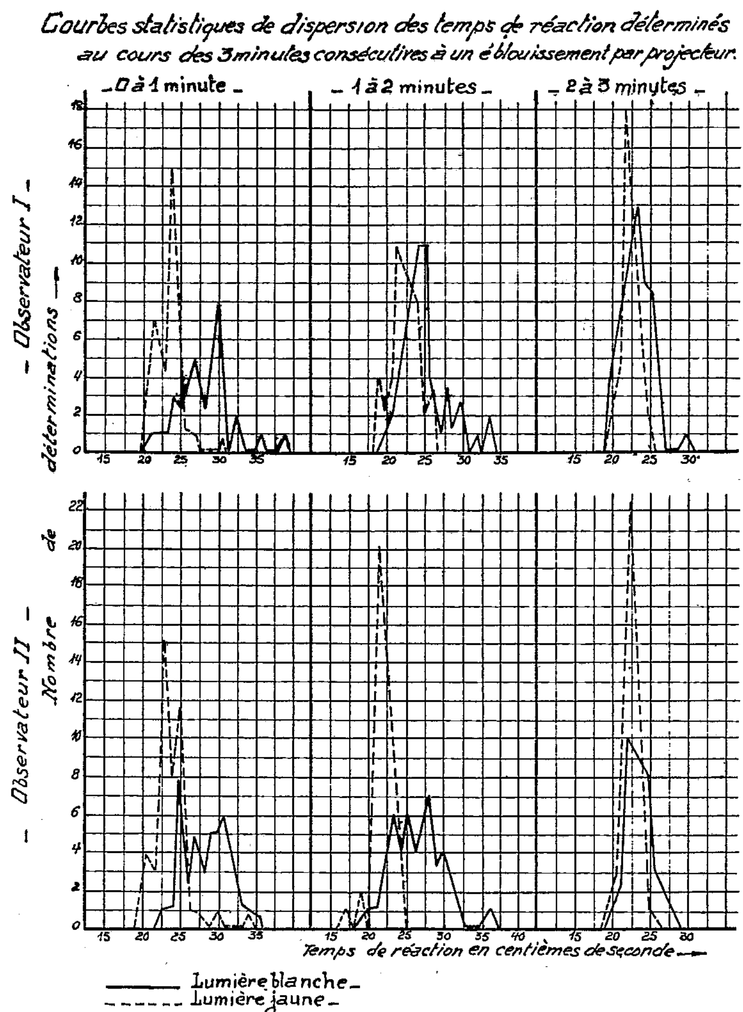
Nous publions les courbes de dispersion obtenues en portant en abscisses les temps de réaction en centièmes de secondes et en ordonnées le nombre de déterminations effectuées dans les intervalles 0 à 1 minute, 1 à 2 minutes, 2 à 3 minutes, à dater de l'extinction du projecteur.

Les temps de réactions normaux, en dehors de tout éblouissement des deux observateurs, étaient de 21,9 centièmes de secondes pour l'observateur I, 22 centièmes pour l'observateur II. Ces chiffres représentent la moyenne de 200 déterminations recueillies dans les conditions suivantes : éclairement sur le plan du cadran du chronoscope 14 lux. Le tableau suivant donne les temps de réactions visuelles et les écarts moyens dans les minutes consécutives à l'extinction du projecteur.

| | Obs. I. | | Obs. II. | |
|---|---|---|---|---|
| Temps. | Temps de réaction. | Écarts moyens. | Temps de réaction. | Écarts moyens. |
| | *Éclairage en lumière blanche.* | | | |
| 1 minute...... | 28,0 | 2,35 | 27,9 | 2,38 |
| 2 » ...... | 25,2 | 1,63 | 26,2 | 1,80 |
| 3 » ...... | 22,9 | 1,16 | 23,0 | 1,45 |
| 4 » ...... | 22,2 | 0,99 | 22,6 | 0,87 |
| | *Éclairage en lumière jaune.* | | | |
| 1 minute...... | 23,7 | 1,68 | 23,9 | 1,59 |
| 2 » ...... | 22,4 | 1,20 | 22,1 | 0,92 |
| » ...... | 22,4 | 0,86 | 22,2 | 0,84 |
| 4 » ...... | 22,1 | 0,63 | 22,6 | 0,77 |

On constate que le temps de cécité complète pour chaque observateur

est notable en lumière blanche, et généralement nul en lumière sélective jaune, alors que dans tous les cas le temps de restauration de l'acuité visuelle est resté sensiblement le même. D'autre part, dans l'intervalle de temps de o à 2 minutes après l'extinction du projecteur, les temps de réaction




en lumière blanche sont très irréguliers, notablement allongés et ne redeviennent normaux qu'à la fin de la troisième minute, tandis qu'en lumière sélective jaune, ils sont beaucoup plus réguliers et peu modifiés.

Ces faits permettent de penser que l'appréciation du mouvement de

l'aiguille du chronoscope ne dépend que fort peu de l'acuité visuelle mais surtout de l'intégrité de la région périforéale, et que l'utilisation d'une lumière jaune convenablement choisie permet une protection presque complète de cette région au cours d'éclairements suffisamment intenses pour produire des phénomènes d'éblouissement.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.



# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 9 AVRIL 1934.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **W. H. KEESOM**, Directeur du Laboratoire cryogénique de Leyde, qui assiste à la séance.

MÉCANIQUE CHIMIQUE. — *Sur la loi du déplacement de l'équilibre chimique. Réponse à M. Posthumus.* Note de M. **HENRY LE CHATELIER**.

M. Posthumus [1] conteste l'exactitude de la loi que j'ai donnée pour le déplacement de l'équilibre chimique, dans le cas du changement de masse de l'un des corps en réaction. Voici la conclusion de ce mémoire :

« Le nouvel énoncé donné par M. Le Chatelier au sujet de l'influence de l'addition de l'un des constituants dans un système en équilibre chimique homogène sur cet équilibre n'est pas plus exact que l'énoncé originel. »

On ne peut être plus affirmatif et cependant il n'y a au fond aucun désaccord scientifique entre nous; il s'agit seulement d'une question de rédaction. Une comparaison très simple fera comprendre où gît la difficulté.

Considérons un pendule constitué par une masse pesante reliée à une tige rigide tournant librement autour d'un point d'articulation. Ce pendule abandonné à lui-même se fixera sur la verticale du point de suspension, dans une position d'équilibre stable. Je suppose que je le déplace un peu de sa position d'équilibre et que je l'abandonne ensuite à lui-même. Je dis qu'il reviendra vers sa position d'équilibre par un mouvement de sens

---

(1) *Rev. des Trav. Chim. des Pays-Bas*, 53, 1934, p. 308.

inverse à celui qui lui a été communiqué. M. Posthumus dit : cela n'est pas exact; il pourra continuer son mouvement dans le même sens. D'accord, si le déplacement initial est compris entre une demi-circonférence et une circonférence entière, mais nous ne parlons pas de la même chose. Je n'ai jamais envisagé que des déplacements infiniment petits à partir de la position d'équilibre. J'ai répété quatre fois cette indication au cours de mes raisonnements, mais je ne l'ai pas reproduite une cinquième fois dans l'énoncé de la loi. Cela m'a semblé inutile, car lorsque l'on établit les conditions de stabilité de l'équilibre, on n'envisage jamais que des déplacements infiniment petits à partir de la position d'équilibre.

DÉMOGRAPHIE. — *Croît, depuis dix ans, des villes et des peuples d'Europe, d'Asie et d'Amérique.* Note (1) de M. **Charles Richet.**

Il me paraît utile de comparer le croît des principales grandes villes et nations du monde, et de faire cette comparaison d'après des données récentes et précises (2).

I. Ne prenons que les villes dont la population actuelle dépasse deux millions d'âmes.

| | En milliers d'habitants. | Année du recensement. |
|---|---|---|
| New-York | 6930 | 1930 |
| Tokio | 4970 | 1931 |
| Londres | 4396 | 1931 |
| Berlin | 4236 | 1932 |
| Chicago | 3376 | 1930 |
| Moscou | 3368 | 1932 |
| Shangai | 3259 | 1931 |
| Paris | 2991 | 1931 |
| Pétrograd | 2795 | 1932 |
| Osaka | 2450 | 1931 |
| Buénos-Ayres | 2195 | 1932 |

(1) Séance du 4 avril 1934.

(2) J'ai pris ces chiffres dans l'*Almanach de Gotha* (J. Perthes, 1934).

Les villes de Paris et de Londres restent stationnaires; mais ce n'est qu'une apparence, car les quartiers suburbains non compris dans la statistique urbaine, tant à Londres qu'à Paris, ont pris une grande extension dont il est impossible de tracer les limites, changeantes.

M. F. Boverat, en diverses publications, a formulé des conclusions intéressantes tout à fait analogues, sur cette *dénatalité* européenne.

| | Croît annuel (depuis 10 ans) absolu en milliers d'habitants. | par 1000 habitants. |
|---|---|---|
| Shangaï | 180 | 55 |
| Tokio | 130 | 44 |
| Osaka | 76 | 33 |
| Moscou | 92 | 27 |
| Chicago | 67 | 22 |
| New-York | 130 | 19 |
| Buenos-Ayres | 34 | 17 |
| Pétrograd | 42 | 15 |
| Berlin | 33 | 8 |
| Paris (?) | 0 | 0 |
| Londres (?) | 0 | 0 |

On voit tout de suite le croît démesuré des villes asiatiques (Pétrograd et Moscou sont plus asiatiques qu'européennes).

Si nous extrapolons (ce qui est à peu près légitime, pour un temps très court, onze à douze ans tout au plus), et si nous cherchons à savoir d'après leur croît annuel quelle sera, en 1944, la population de ces grandes villes, nous aurons (en chiffres ronds, bien entendu) les probabilités suivantes :

| | Pour l'année 1944 en milliers d'habitants. |
|---|---|
| New-York | 8 700 |
| Tokio | 7 100 |
| Shangai | 5 700 |
| Berlin | 4 600 |
| Moscou | 4 500 |
| Londres | 4 400 |
| Chicago | 4 300 |
| Osaka | 3 800 |
| Pétrograd | 2 900 |
| Paris | 2 900 |
| Buenos-Ayres | 2 700 |

II. En calculant le croît des grandes nations du monde depuis dix, onze ou douze ans, on obtient des chiffres qui confirment d'une manière éclatante ce que nous indiquait le croît des grandes villes, c'est-à-dire qu'elles montrent la déficience (en natalité et en croît) de l'Europe et des pays les plus cultivés.

Ne voulant pas multiplier les chiffres, je me contenterai d'indiquer les

quatre nations dans lesquelles le croît annuel moyen (de 1914 à 1932) (par mille habitants) a été supérieur à 20 :

| | |
|---|---|
| Indes hollandaises | 31 (métis) |
| Colombie | 29 (métis) |
| Cuba | 23 (métis) |
| Chine (?) | 20 (jaunes) |

Voici les huit pays où le croît a été égal ou inférieur à 5 :

| | | |
|---|---|---|
| Allemagne | 5 | (race blanche pure) |
| Suisse | 5 | » |
| Suède | 5 | » |
| Belgique | 4 | » |
| Autriche | 4 | » |
| Pays-Bas | 3 | » |
| Grande-Bretagne | 0,6 | » |
| France | 0,5 | » |

L'excédent des naissances sur les décès, d'après les derniers recensements (1930-1932), a été (pour 1000 habitants) :

*Maxima* (excédent égal ou supérieur à 15).

| | |
|---|---|
| Costa-Rica | 24 (métis) |
| Mexique | 23 » |
| Salvador | 18 » |
| Argentine | 16 (blancs) |
| Cuba | 16 (métis) |
| Yougoslavie | 16 (blancs) |
| Afrique du Nord | 15 (métis) |
| Colombie | 15 » |
| Pérou | 15 » |

*Minima* (excédent moindre que 5).

| | | |
|---|---|---|
| Suisse | 4,6 | (race blanche pure) |
| Belgique | 4,5 | » |
| Allemagne | 4,3 | » |
| Grande-Bretagne | 3,5 | » |
| Suède | 2,9 | » |
| Autriche | 1,9 | » |
| France | 1,5 | » |

Voici, pour l'année 1931, la proportion des naissances pour 1000 habitants dans les pays d'Europe :

*Maxima.*

| | |
|---|---|
| Yougoslavie | 35 |
| Roumanie | 33,4 |
| Bulgarie | 31,3 |
| Portugal | 30,4 |
| Pologne | 30,3 |

*Minima.*

| | |
|---|---|
| Suède | 14,8 |
| Autriche | 15,8 |
| Allemagne | 16,0 |
| Grande-Bretagne | 16,6 |
| Norvège | 16,8 |
| Suisse | 16,8 |
| France | 17,4 |

Pour les autres pays d'Europe, la proportion varie entre 18 et 28.

Pour la Russie et la Chine, les statistiques sont tellement défectueuses que nous ne devons pas en tenir compte. Mais, pour d'autres pays non européens, nous avons quelques chiffres assez exacts :

| | |
|---|---|
| Mexique | 44,4 (métis) |
| Indes britanniques | 36 (métis) |
| Chili | 34,2 (métis) |
| Japon | 32,2 (jaunes) |

Donc nous pouvons, d'après le croît actuel, prévoir à peu près quelle sera la population des nations, non pas dans cinquante ans, ce qui serait prévision téméraire, mais dans la dizaine d'années qui va suivre. Certes, bien des événements peuvent survenir qui changeraient tout : guerres, révolutions, cataclysmes, famines, épidémies. Pourtant, de tous les chiffres qu'on peut donner, le plus probable, c'est celui qui résulte de la prolongation du croît annuel observé depuis dix ans.

On peut donc supposer que dans dix ans les populations asiatiques auront augmenté de 140 millions d'âmes, les peuples américains de 35 millions (surtout par les métis) et les peuples européens (race blanche pure) de 20 millions seulement.

Ainsi : 1° les races blanches pures s'accroissent cinq ou six fois moins vite que les races jaunes ou que les métis;

2° parmi les peuples de race blanche, ce sont les peuples européens qui croissent le moins;

3° parmi les peuples européens, ce sont les plus civilisés dont le croît est le plus faible.

Constatations positives, peut-être douloureuses, mais il serait vain de fermer les yeux devant l'évidence.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Existence d'un virus typhique chez les rats de Tunis. Caractère de ce virus.* Note de M. **Charles Nicolle** et Mme **Hélène Sparrow**.

Deux méthodes conviennent à la recherche d'une maladie, endémique sur une population d'animaux sauvages. La première inocule à une espèce, reconnue sensible, l'organe reconnu le plus virulent d'*un certain nombre* d'animaux de l'enquête. L'autre pratique la culture ou l'inoculation révélatrices à partir d'*un seul* animal enquêté. La première méthode permet d'aboutir dans le temps le plus court; mais, les animaux examinés pouvant être porteurs d'un autre agent pathogène que celui qu'on cherche, elle présente l'inconvénient de multiplier l'éventualité, fréquente et *souvent désastreuse*, d'infections surajoutées. La seconde méthode réduit cette éventualité au minimum; elle peut exiger une dépense considérable d'animaux réactifs et d'efforts quand la proportion des animaux, naturellement atteints, est minime ou nulle.

Cherchant l'existence d'un virus exanthématique sur les rats de Tunis, nous avons employé successivement les deux méthodes. Elles nous ont donné, toutes les deux, le virus cherché. Dans toutes les deux, nous avons inoculé le cerveau des rats aux cobayes par voie péritonéale; la méthode révélatrice de l'infection chez chaque exemplaire étudié a été celle de Weil-Felix.

Nous ne signalerons dans cette Note que les résultats donnés par la première méthode. Ce sont les plus anciens, donc les plus complets.

Nous avons pratiqué 35 essais. Pour chacun, le mélange de 5 cerveaux de rats (sauf une fois, 4) était inoculé, après broyage, à 2 cobayes. L'enquête a donc porté sur 174 rats et nécessité 70 cobayes. Cinq essais ont été suivis. Nous avons dû interrompre les autres par suite de complications provenant de l'existence, chez nos rats ou cobayes, d'infections étrangères. Une épizootie à b. paratyphoïde B nous a obligés à sacrifier presque tous nos animaux d'expérience. Sur les cinq essais valables, deux nous ont donné un virus typhique. Le premier en est actuellement au 15e passage, le second au 10e. Nous ne nous occuperons ici que du premier virus.

Isolement du virus I. — Le 5 novembre 1933, 5 rats (4 *M. decumanus*, 1 *M. rattus*) sont capturés dans un dépôt de céréales du quartier du port. Leurs sangs ne donnent pas la réaction de Weil-Felix. Inoculation du mélange des 5 cerveaux broyés à 2 cobayes.

*Premier passage.* — Cob. 33, fièvre douteuse, orchite, sacrifié; cob. 34, ni fièvre, ni orchite, vacciné (1). — 2e *passage* (avec cerveau du cob. 33) : cob. 65, fièvre, orchite, sacrifié; cob. 66, fièvre, orchite, vacciné; rat 15, fièvre et W. F. positif. — 3e *passage* (avec cob. 65) à 5 cobayes et 1 rat. Une épizootie à b. paratyphoïde B. oblige à sacrifier les cobayes (sauf 1 qui s'est montré, ensuite, vacciné); rat 23, fièvre, W. F. négatif. — 4e *passage* (avec rat 23) : Rat 38, fièvre et W. F. positif; rat 39, ni fièvre, ni W. F. — 5e *passage* (avec rat 38) : Rats 50 et 51, ni fièvre, ni W. F.; cob. 101, fièvre, orchite, vacciné; cob. 102, fièvre, orchite, sacrifié. — 6e *passage* (avec cob. 102) : cob. 104, fièvre, orchite, vacciné; rats 54 et 55, fièvre et W. F. positif. — 7e *passage :* Première série (avec rat 55) : cob. 105, fièvre, orchite, vacciné; cob. 106, fièvre, orchite, sacrifié; rat 56, fièvre, W. F, négatif. Seconde série (avec cob. 104) : cob. 11, ni fièvre, ni orchite, vacciné; rats 62 et 63, fièvre, W. F. positif. — 8e *passage :* Première série (avec cob. 106) : cob. 115 (femelle), fièvre, vacciné; cob. 116, fièvre légère, orchite, vacciné; rat 66, pas de fièvre; rat 67, fièvre, les deux rats W. F. positif. Seconde série (avec rat 63) : cob. 123, fièvre légère, orchite; rat 76, fièvre, W. F. positif; rat 77, fièvre, pas de W. F. — 9e *passage* (avec cob. 116) : cob. 121 et 122, fièvre, orchite; rats 74 et 75, fièvre, W. F. négatif. — 10e *passage* (avec cob. 121) : cob. 125, ni fièvre, ni orchite; cob. 126, fièvre, orchite, sacrifié. Trois singes (*M. cynomolgus*), un guéri du typhus historique, vacciné; un guéri de la fièvre pourprée, l'autre neuf : typhus fébrile. — 11e *passage* (avec cob. 126) : cob. 133 et 134 (femelles), fièvre douteuse; rats 84 et 85, fièvre et W. F. positif. — 12e *passage* (avec rat 84) : cob. 137 et 138, fièvre légère, orchite; rat 90, fièvre douteuse, W. F. négatif. — 13e *passage* (avec cob. 137) : cob. 14, fièvre légère, pas d'orchite; cob. 148, fièvre légère, orchite, sacrifié; rat 99, fièvre, W. F. négatif. — 14e et 15e *passages* en cours.

Caractères de la maladie expérimentale. — *Chez les rats*, maladie le plus souvent fébrile et courte, après une incubation de 5 à 7 jours. Sur 23 rats suivis, 7 ont présenté une fièvre de 1 jour, 10 de 2 et 3 jours, 3 de durée plus longue, 3 pas de fièvre. La réaction agglutinante a été positive, sur o X 19, 9 fois sur 20 cas examinés (taux généralement élevés : 320 à 1200) et 2 fois, sur rickettsia de poux (examens pratiqués, les deux fois et sur des rickettsia des typhus mexicain et historique, par R. Weigl). La maladie paraît être souvent mortelle, au moins pour les jeunes rats (un quart). *Chez les cobayes*, réaction scrotale presque constante (14 fois sur 16 cobayes

(1) Par vaccinés, nous entendons les *vaccinés contre l'inoculation d'épreuve.*

mâles) et généralement forte, fièvre non constante, toujours légère, souvent brève (8 fois de 1 ou 2 jours; 4 fois absente).

IMMUNITÉS CROISÉES. — 1° *Virus murin Tunis contre virus historique :* 7 cobayes (mentionnés plus haut) dont 4 atteints de typhus fébrile, 3 de typhus inapparent : 6 ont résisté a l'épreuve, 1 douteux. — 2° *Virus historique contre virus murin Tunis :* 3 cobayes, 2 ont résisté, le troisième, fièvre légère et tardive les 14e à 18e jours) s'est infecté. — 3° *Virus murin Toulon contre virus murin Tunis :* 2 cobayes sur 2 vaccinés.

RÉACTION DE WEIL-FELIX SUR LES RATS DE L'ENQUÊTE. — Du 3 novembre 1933 au 23 mars 1934, 545 rats examinés : agglutination positive, 20 fois, soit 3,5 pour 100; taux observés : 10000, une fois; 1200, une; 500, une; 160, sept, et 80, dix fois. Les sangs des 5 rats qui ont fourni le virus 1 ont donné des résultats négatifs; sur les 5 rats qui ont donné le virus 2, il y eut 2 positifs (80 et 500).

IMPORTANCE DE L'INFECTION TYPHIQUE SUR LES RATS DE TUNIS. — Elle ne pourrait être établie que par l'inoculation individuelle (1 rat à 1 cobaye). En effet, la réaction de Weil-Felix n'apparaît pas, chez le rat inoculé, avant le 8e jour et, d'autre part, nous avons constaté la disparition de la réaction chez des rats dont le cerveau était encore virulent. Certains rats, en cours d'infection ou encore porteurs du virus, échapperaient donc à une enquête, établie sur la recherche unique de la réaction de Weil-Felix. Notre virus 1 y aurait échappé.

Aucun lien n'a été, jusqu'à présent, établi entre l'existence du virus typhique murin chez les rats de Tunis, ville épargnée du typhus, et celle du typhus historique qui sévit encore sur l'homme dans certaines campagnes tunisiennes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains problèmes de la théorie des fonctions harmoniques.* Note (1) de M. **J. HAAG**.

En étudiant une question d'élasticité, j'ai été conduit aux problèmes suivants :

1. PROBLÈME I. — *Étant donné un contour fermé* $\Gamma$, *ne rencontrant pas* $Oy$, *et une fonction* $F$, *continue sur* $\Gamma$, *déterminer une fonction harmonique* $P$,

---

(1) Séance du 4 avril 1934.

*continue dans* Γ *et satisfaisant, sur* Γ, *à la relation*

$$x\frac{\partial P}{\partial x}+tP=F \qquad (t=\text{const.}). \tag{1}$$

Supposons qu'on puisse résoudre le problème de Dirichlet, pour le contour Γ, au moyen d'un potentiel de double couche. Soit α l'angle polaire de la tangente au point P, d'abscisse curviligne $s$ et soient β l'angle polaire et $r$ la longueur du vecteur qui a pour origine le point $M(x, y)$ et pour extrémité P. Posons

$$G(f)=-\int_0^L(\log r.\sin\alpha+\beta\cos\alpha)\,\mu(s)\,ds,$$

la fonction μ étant déterminée par l'équation de Fredholm [1] :

$$\pi\mu(s)=\int_0^L\left[-\frac{\cos\varphi}{r}+\frac{t}{x}(\log r.\sin\alpha+\beta\cos\alpha)\right]\mu(s')\,ds'+f(s), \tag{2}$$

l'angle φ ayant la signification habituelle de la théorie du potentiel de double couche. La solution générale du problème I est donnée par la formule

$$P=G\left(\frac{F}{x}\right)+A\left[y-tG\left(\frac{y}{x}\right)\right]+B\left[1-tG\left(\frac{1}{x}\right)\right], \tag{3}$$

A et B désignant des constantes arbitraires.

Il existe d'ailleurs des solutions très simples. Par exemple, on peut prendre, pour Γ, une ellipse; P et F étant des polynomes du second degré. On peut aussi trouver des solutions, pour $F=0$, en prenant, pour P, un polynome du troisième degré tel que l'équation (1) représente une cubique possédant une boucle fermée, ce qui est possible d'une infinité de manières.

2. Problème II. — *Étant donné deux fonctions continues* $F_1(x, y)$ *et* $F_2(x, y)$, *déterminer un contour* Γ *n'entourant pas l'origine et deux fonctions harmoniques conjuguées* P *et* Q, *continues à l'intérieur de* Γ *et satisfaisant, sur* Γ, *aux deux équations*

$$kx\frac{\partial P}{\partial x}+P=F_1,\qquad ky\frac{\partial Q}{\partial y}+Q=F_2 \qquad (k=\text{const.}). \tag{4}$$

Je n'ai pu obtenir la solution générale de ce problème, qui exige évidem-

---

(1) En appliquant un théorème que j'ai déjà utilisé dans une précédente Note (*Comptes rendus*, 198, 1934, p. 520), on voit immédiatement que cette équation admet une solution unique, si $t$ est suffisamment petit.

ment que $F_1$ et $F_2$ satisfassent à certaines conditions. Dans le but d'obtenir des solutions particulières, j'ai employé l'artifice suivant. Quelles que soient les constantes A et B, la fonction

$$G = \frac{(Ax + By)\left(kx\frac{\partial P}{\partial x} + P\right) + (Ay - Bx)\left(ky\frac{\partial Q}{\partial y} + Q\right)}{x^2 + y^2}$$

est harmonique. Si la fonction

$$H = \frac{(Ax + By)F_1 + (Ay - Bx)F_2}{x^2 + y^2}$$

l'est aussi, on a identiquement $G = H$, d'après le principe de Dirichlet. On obtient ainsi une équation aux dérivées partielles qui permet de déterminer les fonctions P et Q.

En particulier, si l'on a

$$(5)\qquad \begin{cases} (x^2 + y^2)\,\Delta F_1 - 2x\left(\dfrac{\partial F_1}{\partial x} - \dfrac{\partial F_2}{\partial y}\right) - 2y\left(\dfrac{\partial F_1}{\partial y} + \dfrac{\partial F_2}{\partial x}\right) = 0, \\ (x^2 + y^2)\,\Delta F_2 + 2y\left(\dfrac{\partial F_1}{\partial x} - \dfrac{\partial F_2}{\partial y}\right) - 2x\left(\dfrac{\partial F_1}{\partial y} + \dfrac{\partial F_2}{\partial x}\right) = 0, \end{cases}$$

on peut choisir arbitrairement A et B et l'on en déduit que les équations (4) sont vérifiées *identiquement dans tout le plan;* de sorte que l'on peut choisir arbitrairement la courbe $\Gamma$. De plus, on a

$$(6)\qquad \begin{gathered} P = F_1 + xz, \qquad Q = F_2 + yz; \\ z = k\,\frac{xy\left(\dfrac{\partial F_1}{\partial y} + \dfrac{\partial F_2}{\partial x}\right) - x^2\dfrac{\partial F_2}{\partial y} - y^2\dfrac{\partial F_1}{\partial x}}{(k+1)(x^2 + y^2)}. \end{gathered}$$

Mais, bien entendu, les fonctions $F_1$ et $F_2$ doivent satisfaire à deux conditions supplémentaires, obtenues en exprimant que les seconds membres de (6) sont harmoniques conjugués.

En particulier, *si* $F_1 = F_2 = 0$, *la seule solution du problème II est* $P = Q = 0$.

*Si* $F_1$ *et* $F_2$ *sont harmoniques conjuguées, ce sont nécessairement des polynomes linéaires;* ainsi que les fonctions P et Q.

*Si les fonctions* $F_1$ *et* $F_2$ *sont proportionnelles à* $x^2 + y^2$, *elles sont nécessairement nulles.*

Si $F_1$ et $F_2$ sont des *polynomes quelconques du second degré*, il existe trois familles de coniques homothétiques et concentriques sur lesquelles les

équations (4) sont satisfaites, P et Q étant alors des polynomes harmoniques du second degré.

3. PROBLÈME III. — *Étant donné trois polynomes du second degré* $F_1$, $F_2$, $F_3$, *déterminer un contour* $\Gamma$ *et deux fonctions harmoniques conjuguées* P *et* Q, *telles que l'on ait, sur* $\Gamma$,

$$(7) \qquad kx\frac{\partial P}{\partial x}+P=F_1, \qquad ky\frac{\partial Q}{\partial y}+Q=F_2, \qquad \frac{\partial P}{\partial x}=F_3.$$

Ceci constitue un triple problème de Dirichlet. Je n'ai pu trouver que des solutions particulières, pour lesquelles $\Gamma$ est une ellipse, P et Q étant des polynomes du second degré.

4. PROBLÈME IV. — *Déterminer* $\Gamma$, P *et* Q *de telle manière qu'on ait seulement la première et la troisième conditions* (7).

Outre des solutions de la forme précédente, j'en ai trouvé une infinité pour lesquelles $\Gamma$ est une cubique possédant une boucle fermée.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur la conductibilité électrique des lames minces de sulfure de cuivre obtenues à la surface des solutions cuivriques.* Note [1] de MM. **HENRI DEVAUX** et **JEAN CAYREL.**

Lorsqu'on amène un courant d'hydrogène sulfuré au-dessus d'une solution d'un sel cuivrique (sulfate, azotate, tartrate, citrate), la surface libre de la solution se recouvre d'un voile solide de CuS dont l'épaisseur se limite automatiquement à une valeur de 100 à 200 Å par établissement d'une imperméabilité complète du sulfure à $H^2S$ [2].

Le sulfure cuivrique étant doué d'une très forte conductibilité métallique [$\rho = 40.10^{-6}\,\Omega \times \mathrm{cm}$, d'après Fischbeck et Dorner [3]] il nous a paru intéressant d'étudier la conductibilité électrique des couches minces de CuS ainsi obtenues.

1. Dans une première série d'expériences, nous avons essayé de mesurer la résistance du voile flottant sur la solution mère. Nous avons pu constater ainsi l'existence de la conductibilité du voile, mais sans pouvoir en déterminer la grandeur; la majeure partie du courant passe, en effet, non

(1) Séance du 26 mars 1934.
(2) H. DEVAUX, *Bull. Soc. franc. de Phys.*, n° 156, 1921, p. 5.
(3) *Zeits. anorg. Chem.*, **181**, 1929, p. 372.

dans le voile, mais dans l'électrolyte sous-jacent; de plus il est impossible d'assurer un bon contact entre les électrodes et le voile flottant en raison de sa fragilité. Toutes ces difficultés disparaîtraient si l'on pouvait fixer le voile de sulfure sur un substratum non conducteur et enlever complètement la solution. Un tel résultat semble bien difficile à obtenir, étant donné la grande minceur du voile et sa fragilité. Nous y sommes pourtant arrivés en opérant comme il suit :

2. On étale sur un carreau de faïence de $10^{cm} \times 10^{cm}$ quelques gouttes d'une solution cuivrique et l'on fait arriver au-dessus du liquide un courant d'air chargé de $H^2S$; le voile de sulfure se forme instantanément à son maximum d'épaisseur. On procède alors au lavage du voile en balayant la solution mère par de l'eau distillée que l'on fait couler très doucement entre le voile et son support. Cette opération délicate doit être conduite avec le plus grand soin pour éviter les moindres déchirures. On y arrive cependant et l'on reconnaît que le lavage est terminé quand l'eau qui s'écoule ne donne aucune réaction par $H^2S$. On laisse alors le voile sécher sur son support à la température du laboratoire.

Si la préparation a été bien faite, le voile une fois sec est tout à fait continu, il a l'aspect d'un vernis parfaitement transparent, teintant en beige clair la faïence sous-jacente. Son adhérence au support est remarquablement forte (¹); il faut même exercer un frottement intense pour l'arracher par endroits. *Le voile est donc devenu extrêmement maniable et l'on peut sans crainte de l'endommager lui appliquer des pressions de plusieurs kilogrammes par centimètre carré.*

Pour réduire au minimum la perturbation des résistances au contact, il faut utiliser des électrodes *plastiques* soumises à une *forte pression.* Nous les avons constituées par deux bandes parallèles formées de 20 épaisseurs de papier d'étain replié, longues de $3^{cm},5$, larges de $0^{cm},4$ séparées par une distance de $2^{cm}$. Ces électrodes sont fixées sous une plaquette d'ébonite qu'on applique fortement sur la partie du voile dont on veut mesurer la résistance.

Comme instrument de mesures nous avons choisi le pont de Kohlrausch (²).

*Résultats.* — Les résistances trouvées varient avec la région du voile explorée mais seulement dans le rapport de 1 à 4 *pour les voiles non vieillis.*

---

(¹) H. Devaux, *Bull. Soc. franç. de Phys.*, n° 203, 1924, p. 845.

(²) Le pont était muni d'un amplificateur B. F. type 3 *ter*, on pouvait ainsi réduire l'intensité efficace du courant alternatif traversant le voile à quelques microampères.

Les variations observées lorsqu'on passe d'un voile à un autre voile rentrent dans ces limites.

De l'ensemble des mesures effectuées il résulte que la résistivité apparente d'un voile *récemment préparé* est comprise entre $10^{-1}$ et $4.10^{-1}\,\Omega\times$cm en prenant pour base du calcul de $\rho$ une épaisseur du voile de 200 Å. Ce chiffre est environ 6000 fois plus grand que celui cité plus haut pour le sulfure en masse.

La résistance du sulfure croît en fonction du temps, soit par suite de l'oxydation de CuS, soit par suite d'une simple dislocation due aux variations de température. Ce vieillissement est d'ailleurs lent si le voile a été bien lavé; nous avons pu, durant six jours, constater l'invariance d'une portion de voile dont la résistance était mesurée matin et soir.

A l'aide d'un galvanomètre à cadre mobile et d'un voltmètre à courant continu, nous avons déterminé, en régime permanent, la *caractéristique de conduction* $I = f(V)$ d'une portion de voile, les électrodes étant appliquées sous une force pressante de $3^{kg}$. La tension variait de 0 à 2 volts, l'intensité de 0 à 40 $\mu$A. Sauf pour les faibles valeurs de V, la caractéristique est une droite dont l'équation est

$$I = \alpha V - \beta \qquad \text{avec} \qquad \frac{1}{\alpha} = 47000\,\Omega \qquad \text{et} \qquad \beta = 1{,}8\,\mu\text{A}.$$

On en tire

$$R = \frac{1}{\alpha}\left(1 + \frac{\beta}{I}\right).$$

$1/\alpha$ *représente la résistance du voile qui est constante*, $1/\alpha\ \beta/I$ la résistance au contact du voile et des électrodes. Pour $V = 2^v$ la résistance au contact des électrodes représente seulement $1/20^e$ de la résistance du voile. *Le voile suit donc très nettement la loi d'Ohm* et ne peut de ce fait être assimilé à un système de mauvais contacts semblable à un cohéreur.

*Conclusions.* — 1° le voile de sulfure (épaisseur 100 à 200 Å) présente la conductibilité électrique des semi-conducteurs. Cette conductibilité est une conductibilité métallique et non électrolytique;

2° elle est toutefois beaucoup plus petite (3000 à 6000 fois) que la conductibilité du sulfure cuivrique en masse;

3° la régularité du phénomène et le fait qu'il obéit à la loi d'Ohm s'opposent à ce qu'on attribue cet excès de résistance à une constitution fragmentaire résultant d'accidents de préparation;

4° la différence existant entre la conductivité du sulfure en lame mince

avec celle du sulfure pris en masse semble donc provenir de la constitution même du voile. Elle est peut-être imputable à l'orientation propre des molécules puisque cette orientation est démontrée par d'autres phénomènes, en particulier par la différence de mouillabilité des deux faces [1].

M. Léon Guillet fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Maurice Bonzel : *Le Tréfilage de l'acier*, dont il a écrit la *Préface*.

En se basant sur les méthodes scientifiques les plus modernes d'essais des produits métallurgiques, l'auteur a décrit une fabrication très ancienne et qui s'est d'ailleurs singulièrement modifiée.

## ÉLECTIONS.

M. Émile Picard, par l'unanimité de 34 suffrages, est désigné au choix de l'Institut pour occuper, dans le Conseil supérieur de l'Instruction publique, la place vacante par l'expiration de ses pouvoirs.

## CORRESPONDANCE.

TOPOLOGIE. — *Sur la décomposition d'une pseudovariété par un sous-ensemble fermé.* Note de M. **E. Čech**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans cette Note, les notions combinatoires sont entendues au sens de mon Mémoire [2]. Les coefficients des cycles sont des nombres rationnels. Au lieu de $\{C^n(\mathfrak{U})\}$ j'écris $C^n$.

$\Phi$ étant une famille de sous-ensembles d'un espace métrique R, le *nombre réduit* d'éléments de $\Phi$ est : 1° o si la famille $\Phi$ est vide; 2° le nombre d'éléments de $\Phi$ diminué d'une unité si $\Phi$ est finie et non vide; 3° le symbole $\omega$ si $\Phi$, tout en étant infinie, ne contient pour chaque $\varepsilon > 0$ qu'un nombre fini d'éléments à diamètre $> \varepsilon$; 4° le symbole $\infty$ s'il existe un $\varepsilon > 0$ tel que $\Phi$ contienne une infinité d'éléments à diamètre $> \varepsilon$.

---

(1) H. Devaux, *Bull. Soc. franç. de Phys.*, n° 182, 1923, p. 1845.
(2) *Fund Math.*, 19, 1932, p. 149-183.

Soit S un espace métrique. Soit $\mathfrak{M}$ un module dont les éléments sont des $(p, S)$-cycles absolus. Soit $\mathfrak{N}$ un sous-module de $\mathfrak{M}$ contenant tous les $(p, S)$-cycles absolus qui sont $\sim 0$. Le symbole $\rho(\mathfrak{M}, \mathfrak{N})$ signifie : 1° le rang du module $\mathfrak{M} - \mathfrak{N}$ si ce rang est fini ; 2° $\omega$ ou $\infty$ dans le cas contraire, l'égalité $\rho(\mathfrak{M}, \mathfrak{N}) = \omega$ signifiant que, pour chaque $\varepsilon > 0$ donné, il existe des éléments $\Gamma_i^p$ de $\mathfrak{M}$ en nombre fini jouissant de la propriété suivante : à chaque $\Delta^p \in \mathfrak{M}$ on peut attacher des nombres $r_i$, des sous-ensembles fermés $A_h$ de S (en nombre fini) dont les diamètres soient $< \varepsilon$, enfin des cycles $\Theta_h^p \in \mathfrak{M}$, $\Theta_h^p \subset A_h$ de manière que $\Delta^p - \Sigma r_i \Gamma_i^p - \Sigma \Theta_h^p \in \mathfrak{N}$.

Théorème I. — *Soit* R *un espace métrique et compact à* $n$ $(= 1, 2, 3, \ldots)$ *dimensions. Soit* $m = 1, 2, 3, \ldots$ *ou bien* $m = \infty$. *Supposons qu'il existe des* $(n, R)$*-cycles absolus* $\Gamma_i^n$ $(0 \leqq i < m)$ *jouissant de la propriété suivante :* $F_h (h = 1, 2)$ *étant deux sous-ensembles fermés de* R *tels que* $F_h \neq R$ *et* $\Delta_h^n$ *étant un* $(n, R)$*-cycle absolu dans* $F_h$, *l'homologie* $\Sigma r_i \Gamma_i^n \sim \Delta_1^n + \Delta_2^n$ *entraîne que* $r_i = 0$. *Soit* S *un sous-ensemble fermé de* R. *Soit* $p$ *le nombre réduit de toutes les composantes de* $R - S$. *Soit* $\mathfrak{M}$ *le module de tous les* $(n-1, R)$*-cycles absolus dans* S, $\sim 0$ *dans* R ; *soit* $\mathfrak{N}$ *le module de tous* $\Delta^{n-1} \in \mathfrak{M}$ *qui sont* $\sim 0$ *dans* S. *Alors* $\rho(\mathfrak{M}, \mathfrak{N}) \geqq pm$.

Corollaire. — *Soit* R *une multiplicité cantorienne fermée à n dimensions* (¹) *et soit m son* $n^{ième}$ *nombre de Betti. Soit* S *un sous-ensemble fermé de* R ; *soit q le* $(n-1)^{ième}$ *nombre de Betti de* S. *Alors* $R - S$ *a au plus* $q : m + 1$ *composantes* (²).

Définition. — Soit $m, n = 1, 2, 3, \ldots$. R est une *pseudovariété à n dimensions m fois ramifiée* (*simple* si $m = 1$) si : 1° R est un espace métrique et compact à $n$ dimensions ; 2° il existe des $(n, R)$-cycles absolus $\Gamma_i^n$ $(1 \leqq i \leqq m)$ jouissant des propriétés suivantes : *a*, $F_h (h = 1, 2)$ étant des sous-ensembles fermés de R tels que $F_h \neq R$ et $\Delta_h^n$ étant un $(n, R)$-cycle absolu dans $F_h$, l'homologie $\Sigma n_i \Gamma_i^n \sim \Delta_1^n + \Delta_2^n$ entraîne que $r_i = 0$ ; *b*, à chaque entourage U de chaque point $x$ de R on peut attacher un entourage $V \subset U$ de $x$ tel que chaque $(n, R)$-cycle mod $R - U$ soit $\sim \Sigma r_i \Gamma_i^n$ mod $R - V$.

Théorème II. — *Chaque pseudovariété est un continu localement connexe.*

Une pseudovariété à une dimension est homéomorphe à une circonférence (donc simple). Or, pour $n \geqq 2$, il existe dans $E_{n+1}$ euclidien des pseudo-

---

(¹) P. Alexandroff, *Annals of Math.*, 30, 1929, p. 101-186 (déf. à la page 176).

(²) R. L. Wilder, *Math. Ann.*, 109, 1933, p. 273-306, théorème 6 ; au lieu de $q : m + 1$, une limite moins précise (pour $m \geqq 2$) y figure (à savoir $q$). Le théorème 5 du Mémoire cité peut être précisé de la même manière.

variétés à $n$ dimensions $m$ fois ramifiées pour chaque valeur de $m$. En effet, un sous-ensemble fermé et borné R de $E_{n+1}$ est une telle variété, si $E_{n+1} - F$ est la somme de $m+1$ domaines connexes et uniformément localement connexes ayant F comme frontière commune. L'existence de telles frontières a été prouvée par M. Wilder (*loc. cit.*, théorème 8).

*Notations.* — Soit R une pseudovariété à $n$ dimensions $m$ fois ramifiée. Soient A et S deux sous-ensembles fermés de R; soit $A \subset S$. Soit $\mathfrak{M}$ le module de tous les $(n-1, R)$ cycles absolus dans S qui sont $\sim 0$ dans R. Soit $\mathfrak{L}$ le module de tous les $\Delta^{n-1} \in \mathfrak{M}$ qui sont $\sim 0$ dans S. Soit $\mathfrak{N}$ le module de tous les $\Delta^{n-1} \in \mathfrak{M}$ jouissant de la propriété suivante : il existe deux sous-ensembles fermés $F_h (h=1, 2)$ de S tels que $A - F_h \neq 0$ et des $\Delta_h^{n-1} \in \mathfrak{M}$, $\Delta_h^{n-1} \subset F_h$ tels que $\Delta^{n-1} \sim \Delta_1^{n-1} + \Delta_2^{n-1}$ dans S. Soit $\overline{\mathfrak{N}}$ le module de tous les $\Delta^{n-1} \in \mathfrak{M}$ jouissant de la propriété suivante : à chaque réseau $\mathfrak{U}$ on peut attacher un $\Theta^{n-1} \in \mathfrak{N}$ tels que $\Delta^{n-1}(\mathfrak{U}) \sim \Theta^{n-1}(\mathfrak{U})$ dans S.

Théorème III. — *Soit $q$ le nombre réduit de composantes* Q *de* $R - S$ *telles que* $A - \text{Fr. } Q \neq 0$; *soit $c=1$ s'il existe une composante* P *de* $R - S$ *telle que* $A \subset \text{Fr. } P$, *soit $c=0$ dans le cas contraire. Alors* $\rho(\mathfrak{N}, \mathfrak{L}) = m(q+c)$.

Théorème IV. — *Soit $p$ le nombre réduit de composantes* P *de* $R - S$ *telles que* $A \subset \text{Fr. } P$. *Alors* $\rho(\mathfrak{M}, \mathfrak{N}) = mp$.

Théorème V. — *L'égalité* $\overline{\mathfrak{N}} = \mathfrak{N}$ *est la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe un* $\varepsilon > 0$ *jouissant de la propriété suivante : A chaque composante* P *de* $R - S$ *telle que* $A - \text{Fr. } P \neq 0$ *on peut attacher un point $x$ de* A *dont la distance de* Fr. P *soit* $> \varepsilon$.

*Définitions.* — Soit R une pseudovariété à $m$ dimensions $m$ fois ramifiée. Soit S un sous-ensemble fermé de R. Soit $x$ un point donné de S. Soit U un entourage de $x$. Posons $\alpha(U)$ égal au nombre $(=0, 1, 2$ ou bien $=\infty)$ des composantes P de $U - S$ tels qu'il existe un arc simple $C \subset P + (x)$ contenant $x$. Nous dirons que *l'ordre d'accessibilité de* S *en $x$* est égal à $\alpha(R)$. Nous dirons que *l'ordre local d'accessibilité de* S *en $x$* est égal à : 1° $p(=0, 1, 2, \ldots)$ si $\alpha(U) = p$ pour chaque U suffisamment petit; 2° $\omega$, si $\alpha(U)$ est toujours fini, mais tend vers l'infini si le diamètre de U tend vers zéro; 3° $\infty$, s'il existe un U tel que $\alpha(U) = \infty$.

Théorème VI. — *Supposons que le* $(n-1)^{\text{ième}}$ *nombre de Betti de* R, *ainsi que le* $(n-1)^{\text{ième}}$ *nombre de Betti local* (¹) *de* R *en $x$, soient égaux à* 0.

(¹) La définition du nombre de Betti local se trouve au Mémoire de l'auteur : *Introduction à la théorie de l'homologie* (en tchèque), *Publications de la Fac. des Sc. de l'Univ. Mazaryk*, n° 184, 1933, ainsi que (indépendamment) dans la Note de M. P. Alexandroff, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 227-229.

*L'ordre d'accessibilité de* S *en* $x$ *est un invariant topologique de* S *et de* $x$, *pourvu que cet ordre soit* $\geq 2$.

THÉORÈME VII. — *Supposons que le* $(n-1)^{ième}$ *nombre de Betti local de* R *en* $x$ *soit égal à* 0. *L'ordre local d'accessibilité de* S *en* $x$ *est un invariant topologique de* S *et de* $x$, *pourvu que cet ordre soit* $\geq 2$.

TOPOLOGIE. — *Sur les similitudes de l'espace.*
Note de M. **B. DE KERÉKJÁRTÓ**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous allons démontrer la proposition suivante :

Soit $t$ une transformation topologique (c'est-à-dire biunivoque et bicontinue) d'une variété ouverte à $n$ dimensions en elle-même, conservant le sens d'orientation. Supposons que $t$ admet un point invariant isolé $\mathcal{V}$. Supposons ensuite que pour un point quelconque P, qui n'est pas invariant dans $t$, la suite des images successives $t(\mathrm{P})$, $t^2(\mathrm{P})$, ... est divergente (c'est-à-dire que la suite n'admet aucun point d'accumulation dans la variété). Dans ces conditions, *la transformation* $t$ *est équivalente à une similitude de l'espace cartésien*, dans le sens suivant : 1° les images d'un point quelconque par les transformations $t^{-1}$, $t^{-2}$, ... tendent vers $\mathcal{V}$, qui est alors le seul point invariant de $t$; 2° il y a une suite de surfaces fermées ..., $\mathrm{S}_{-n}$, ..., $\mathrm{S}_0$, ..., $\mathrm{S}_n$, ..., telles que la surface $\mathrm{S}_n$ est transformée par $t$ en la surface $\mathrm{S}_{n+1}$; $\mathrm{S}_n$ est intérieure à $\mathrm{S}_{n+1}$; les surfaces $\mathrm{S}_{-1}$, $\mathrm{S}_{-2}$, ... tendent vers le point $\mathcal{V}$; la suite des surfaces $\mathrm{S}_1$, $\mathrm{S}_2$, ... est divergente. La variété a un seul élément de frontière [1].

Nous démontrons d'abord qu'il existe au moins un domaine compact D contenant le point $\mathcal{V}$ tel que l'image D′ de D par $t$ contient D. Soit D un domaine compact quelconque contenant le point $\mathcal{V}$; son image D′ ne peut pas être un sous-ensemble de D, car autrement les images $t(\mathrm{P})$, $t^2(\mathrm{P})$, ... d'un point non invariant P de D formeraient un ensemble compact, contrairement à notre hypothèse. Supposons qu'aucun domaine compact D contenant le point $\mathcal{V}$ ne soit contenu dans son image D′. La partie commune de D et D′ consiste en un ensemble dénombrable de domaines; soit $\mathrm{D}'_1$ celui parmi ces domaines qui contient le point $\mathcal{V}$. Son image inverse $\mathrm{D}_1$ a

(1) B. DE KERÉKJÁRTÓ, *Vorlesungen über Topologie*, p. 164; H. FREUDENTHAL, *Math. Zeitschr.*, 33, 1931, p. 692-713.

au moins un point à l'extérieur de D'. Soit $D'_2$ le domaine appartenant à la partie commune de $D'_1$ et $D_1$ qui contient le point $\mathcal{V}$; soit $D_2$ son image inverse. En continuant ainsi, nous obtenons une suite de domaines jouissant des propriétés suivantes : $D'_{n+1}$ est un sous-ensemble de $D_n$ et de $D'_n$; $D_{n+1}$ est un sous ensemble de $D_n$; chaque domaine de $D_n$ a au moins un point à l'extérieur de D'. L'ensemble limite de la suite $D_1, D_2, \ldots$ est un continu K qui a au moins un point sur la frontière de D'; l'ensemble limite de $D'_1, D'_2, \ldots$ est un continu K' qui est l'image de K; K' est un sous-ensemble de K. Les images successives d'un point non invariant P de K appartiennent au continu compact K, contrairement à notre hypothèse.

Il existe donc un domaine compact D contenant le point $\mathcal{V}$, lequel est un sous-ensemble de son image D'. Les images de D par les transformations $t^{-1}, t^{-2}, \ldots$ forment une suite de domaines $D^{-1}, D^{-2}, \ldots$ convergeant vers le seul point $\mathcal{V}$ et telle que $D^{-(n+1)}$ appartient à $D^{-n}$. Soit $n$ le plus petit nombre positif pour lequel $D^{-n}$ est intérieur à D; cela veut dire que tous les points d'accumulation de $D^{-n}$ appartiennent à D. Les domaines $D^{-1}$ et $D^{-n}$ ont des points frontières communs. Autour de chacun de ces points, nous prenons un voisinage qui est intérieur à D et nous l'ajoutons à $D^{-1}$; ainsi, nous obtenons un domaine $B^{-1}$ contenant le point $\mathcal{V}$ et tel que $B^{-1}$ est un sous-ensemble de B, ensuite $B^{-(n-1)}$ est intérieur à B. En continuant ce procédé, nous obtenons un domaine, que nous désignons de nouveau par D, tel que $D^{-1}$ est intérieur à D.

Soit $S_0$ une surface fermée dans le domaine D séparant les frontières de D et de $D^{-1}$. Son image par $t^{-1}$ est une surface fermée $S_{-1}$ intérieure à $D^{-1}$ et alors aussi intérieure à $S_0$. Les images de $S_0$ par les transformations $t^{-1}, t^{-2}, \ldots$ tendent vers le seul point $\mathcal{V}$. Les images de $S_0$ par les transformations $t, t^2, \ldots$ tendent vers un élément de frontière de la variété qui est son seul élément de frontière.

Voici une application du résultat obtenu. Soit G un groupe continu commutatif d'ordre $n$, dont la variété paramétrique est ouverte et à connexion simple. Considérons la transformation $t$ de la variété paramétrique en elle-même qui transforme chaque élément T du groupe en son carré $T^2$. L'identité I du groupe est un point invariant de $t$; il est un point invariant isolé; il y a, en effet, un voisinage de l'identité qui ne contient aucune transformation involutive, d'après un théorème démontré par M. M. H. A. Newman [1]. La transformation $t$ est univoque et continue; elle est biu-

---

(1) *Quart. Journ. of Math.*, Oxford series, 2, 1931, p. 1-8.

nivoque d'après un théorème de M. Newman [1]. Les images d'un point T quelconque de G par les transformations $t$, $t^2$, ..., c'est-à-dire les points $T^2$, $T^4$, $T^8$, ..., forment une suite divergente; autrement, si $T^{2^{n_1}}$, $T^{2^{n_2}}$, ... est une suite tendant vers un point $T_0$, en mettant $2^{n_k} - 2^{n_{k-1}} = m_k$, la suite $T^{m_1}$, $T^{m_2}$, ... tend vers l'identité; or pour un groupe simplement connexe, cela est impossible, comme il résulte d'un raisonnement de M. Newman [2]. La transformation $t$ vérifie donc les prémisses du théorème ci-dessus. Il en résulte que les images d'un point T quelconque par les transformations $t^{-1}$, $t^{-2}$, ..., c'est-à-dire *les racines successives* $T^{1/2}$, $T^{1/4}$, $T^{1/8}$, ... *d'une transformation quelconque* T *du groupe* G, *tendent vers l'identité*. On obtient encore le résultat que la variété paramétrique d'un groupe continu commutatif à connexion simple a un seul élément de frontière [3].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation conforme d'un domaine doublement connexe sur un anneau circulaire*. Note de M. **Kasimir Zarankiewicz**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans cette Note sera indiquée une méthode effective pour représenter un domaine univalent doublement connexe sur un anneau circulaire.

Cette méthode est basée sur les résultats de M. S. Bergmann [4], concernant la théorie des fonctions orthogonales complexes et le lien de ces fonctions avec une métrique riemannienne, invariante par rapport aux transformations conformes.

Soit $\mathcal{B}$ un domaine univalent et situé tout entier à distance finie. Soient $\mathbf{E}(\mathcal{B})$ l'ensemble des fonctions $h(z)$, $z = x + iy$, régulières et univalentes dans $\mathcal{B}$, avec $\iint_{\mathcal{B}} |h(z)|^2 \, dx\, dy \leqq 1$ (assujetties éventuellement encore à d'autres restrictions) et $t$ un point fixe quelconque de $\mathcal{B}$. On appelle, avec M. Bergmann, *fonction-noyau* (Kernfunktion) de $\mathcal{B}$, attachée

---

[1] *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, **27**, 1931, p. 387-390, théorème **2**.

[2] *Loc. cit.*, note précédente; voir le théorème 5 et ses conséquences.

[3] M. Freudenthal, (*loc. cit.*) a démontré que la variété paramétrique d'un groupe continu quelconque n'a que deux éléments de frontière au plus.

[4] *a. Math. Ann.*, 86, 1922, p. 237-271; *b. Math. Zeitsch.*, **29**, 1929, p. 640-677; *c. Jahresb. d. deut. Math. Vereins*, **39**, 1930, p. 24-27; *d. Crelle Journal f. reine u. ang. Math.*, **169**, 1933, p. 1-42.

à l'ensemble $\mathbf{E}(\mathcal{B})$ la fonction $\varkappa(t, \bar{t}) = \max|h(t)|^2$, $h(z)$ appartenant à $\mathbf{E}(\mathcal{B})$.

On peut représenter $\varkappa(z, \bar{z})$ aussi sous la forme $\varkappa(z, \bar{z}) = \sum_{n=1}^{\infty} |\varphi_n(z)|^2$, où les $\varphi_n(z)$ $(n = 1, 2, \ldots)$ forment un système *quelconque* de fonctions orthogonales dans $\mathcal{B}$, complet pour $\mathbf{E}(\mathcal{B})$ (¹).

$ds^2 = \varkappa(z, \bar{z})|dz|^2$ est un invariant des transformations conformes et définit une géométrie riemannienne (identique avec la géométrie hyperbolique, si $\mathcal{B}$ est un cercle).

$$\mathbf{I} = \frac{1}{\varkappa} \frac{\partial^2 \log \varkappa}{\partial z \, \partial \bar{z}}$$

est un invariant des transformations conformes (BERGMANN, *a*. § 1 et 3; *b*. § 1; *d*. § 1).

Soit $\mathcal{G}$ un domaine doublement connexe, limité (pour simplifier) par deux courbes régulières. Nous appellerons $\mathbf{F}(\mathcal{B})$ l'ensemble des fonctions $h(z)$ de $\mathbf{E}(\mathcal{G})$, régulières dans $\overline{\mathcal{G}}$ (fermé), avec $\int_0^z h(z)\, dz$ univalent dans $\mathcal{G}$.

On sait qu'il existe une représentation conforme de $\mathcal{G}$ sur un anneau $\mathcal{A} : r \leqq |w| \leqq 1$, où $r$ est un nombre caractéristique pour $\mathcal{G}$. Pour $\varkappa$ et $\mathbf{I}$ attachés à l'ensemble $\mathbf{F}(\mathcal{A})$, on a

$$\varkappa_{\mathcal{A}}(w, \bar{w}) = \frac{1}{\pi} \sum_{-\infty}^{\infty} \frac{(n+1)|w|^{2n}}{1 - r^{2(n+1)}} = \frac{1}{4\pi^3 |w|^2}[-\eta_2 - \mathfrak{p}],$$

$$\mathbf{I}_{\mathcal{A}}(w, \bar{w}) = \pi \left[ 2 + \frac{(g_2 - 12\eta_2^2)\mathfrak{p} + 2g_3 - g_2\eta_2 - 4\eta_2^3}{2(\eta_2 + \mathfrak{p})^3} \right],$$

où

$$\mathfrak{p} \equiv \mathfrak{p}\left( \frac{\log|w|}{i\pi} \middle| \frac{\log r}{i\pi}, 1 \right)$$

désigne la fonction elliptique de Weierstrass; $\eta_k$, $g_k$ $(k = 1, 2)$, ayant les significations habituelles. $\mathbf{I}_{\mathcal{A}}$ *n'est pas une constante et atteint son maximum seulement sur la circonférence* $\mathcal{R}_m : |w| = \sqrt{r}$. En faisant correspondre

(¹) C'est-à-dire que pour chaque $h(z)$ de $\mathbf{E}(\mathcal{B})$ on a

$$\iint_{\mathcal{B}} |h(z)|^2 \, dx\, dy = \sum_{n=1}^{\infty} \left| \iint_{\mathcal{B}} h(z) \overline{\varphi_n(z)} \, dx\, dy \right|^2.$$

à $h(w)$ la fonction $h[w(z)].\,dw/dz$, où $w(z)$ transforme $\mathcal{G}$ en $\mathfrak{A}$, on établit une correspondance biunivoque entre les fonctions de $\mathbf{F}(\mathcal{R})$ et celles de $\mathbf{F}(\mathcal{G})$.

En orthogonalisant (par exemple par la méthode de Schmidt) le système $z^n (n = 0, 1, 2, -2, 3, -3, \ldots)$, on obtient un système des fonctions $\psi_n(z)$ orthogonales dans $\mathcal{G}$ (1). *Ce système est complet pour* $\mathbf{F}(\mathcal{G})$, par conséquent on a

$$\varkappa_{\mathcal{G}}(z, \bar{z}) = \sum_{n=1}^{\infty} |\psi_n(z)|^2,$$

et l'on peut effectivement calculer (avec une approximation désirée) les valeurs de $\varkappa_{\mathcal{G}}$ et $\mathbf{I}_{\mathcal{G}}$.

Les courbes $t_\alpha$: $\mathbf{I}_{\mathcal{G}}(z, \bar{z}) = \alpha =$ const. de $\mathcal{G}$ correspondent aux circonférences $\mathcal{R}_\alpha : |w| =$ const. de $\mathfrak{A}$, où l'on a $\mathbf{I}_{\mathfrak{A}}(w, \bar{w}) = \alpha$; les courbes $f_\beta$ de $\mathcal{G}$ orthogonales à $t_\alpha$ correspondent aux rayons : $\arg w =$ const. de $\mathfrak{A}$. Soit $m$ le maxima des valeurs $\mathbf{I}_{\mathcal{G}}(z, \bar{z})$ ; $t_m$ correspond au $\mathcal{R}_m : |w| = \sqrt{r}$. Les longueurs non euclidiennes étant invariantes par rapport aux transformations conformes, *on a pour la détermination de* $r \equiv r(\mathcal{G})$ *l'équation*

$$\sqrt{4\pi r}\sqrt{\sum_{-\infty}^{\infty} \frac{(n+1)\,r^n}{1 - r^{2(n+1)}}} = \mathbf{L}(t_m),$$

où $\mathbf{L}(t_m)$ *est la longueur non euclidienne de* $t_m$, qui peut être calculée à l'aide des $\psi_n$ avec l'approximation voulue.

En faisant quelques conventions habituelles, on peut *définir des coordonnées* $u$, $v$ *invariantes par rapport aux transformations conformes*. Soient P un point quelconque de $\mathcal{G}$, et $s_p$ une courbe $f_\beta$ fixée dans la suite. Par P passent *une* courbe $t_\alpha$ et *une* courbe $f_\beta$. En désignant par $\tau_\alpha$ la partie de $t_\alpha$ comprise entre P et l'intersection avec $s_p$ et avec $\sigma_\beta$ la partie de $f_\beta$ comprise entre P et l'intersection avec $t_m$, comme coordonnées $\{u, v\}$ de P, nous choisirons les quantités $u = \mathbf{L}(\tau_\alpha)$, $v = \pm \mathbf{L}(\sigma_\beta)$, où $\mathbf{L}(\ \ )$ signifie la longueur non euclidienne de la courbe considérée.

Les démonstrations détaillées seront exposées dans notre Mémoire à paraître prochainement dans un autre Recueil.

(1) Nous supposons que l'origine est choisie à l'extérieur de $\mathcal{G}$ et appartient à la région limitée par la courbe intérieure.

ASTRONOMIE. — *Sur la détermination d'une orbite parabolique par la méthode de Laplace-Leuschner.* Note [1] de M. **Sciobereti**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans le calcul d'une orbite parabolique par la méthode directe de Laplace-Leuschner (comme d'ailleurs dans la méthode classique d'Olbers) la distance géocentrique de l'astre inconnu s'obtient en résolvant l'équation

$$(1)\qquad (z-p)^2+q^2=\frac{h}{\sqrt{(z-c)^2+s^2}},$$

$z$ représente le rapport de la distance cherchée à la distance Terre-Soleil, les paramètres $p$, $q^2$, $h$, $c=\cos\psi$, $s=\sin\psi$ ($\psi$ désignant l'élongation de l'astre) ont des valeurs tirées des observations et des éphémérides.

Parmi les différentes solutions nomographiques de cette équation, mentionnons celle de M. Banachiewicz [2], suivie d'une discussion sur le nombre de racines positives et celle de M. Strömgren [3]. Nous nous proposons dans cette Note de généraliser la méthode de M. Leuschner [4], qui consiste à calculer les abscisses des points d'intersection de la parabole $y=z^2$ et de la courbe $y=h/\sqrt{(z-c')^2+s^2}-q^2$. On y parvient aisément au moyen du changement de variables

$$(2)\qquad xs=z-c,\qquad x_0 s=p-c,\qquad y_0=q^2 s/h,\qquad k=s^3/h,\qquad s\neq 0.$$

qui transforme (1) en l'équation suivante

$$(3)\qquad f(x)=(x^2+1)^{-1/2}-k(x-x_0)^2-y_0=0,$$

laquelle se résout facilement au moyen d'un abaque. Il suffit en effet de construire sur un transparent la famille de paraboles $y=kx^2$ et, sur une autre feuille, la courbe (C), $y=(x^2+1)^{-1/2}$, puis d'appliquer le transparent sur cette dernière en faisant coïncider le sommet des paraboles avec le point $(x_0, y_0)$ du plan de la courbe (C). Pour avoir la valeur approchée des racines, il suffit de lire les abscisses des points d'intersection. On corrigera les valeurs ainsi obtenues par une méthode quelconque d'approxima-

---

(1) Séance du 4 avril 1934.

(2) *Comptes rendus*, 161, 1915, p. 122.

(3) *Publ. Obs. de Copenhague*, n° 66, 1929, p. 24.

(4) *Publ. Lick. Obs.*, 7, 1913, p. 282.

tion. En vue de faciliter le calcul de $f(x)$ et de $f'(x)$, nous avons dressé une table des valeurs des fonctions $(x^2+1)^{-1/2}$ et $x(x^2+1)^{-1/2}$. Tout changement d'échelle transformant l'une quelconque des paraboles du système en une autre de la même famille, on pourra s'il y a lieu faire varier le module des échelles dans les rapports convenables, ce qui n'exigera que le tracé d'une nouvelle courbe (C).

Dans les cas où la méthode graphique devient douteuse, la forme de l'équation (3) se prête facilement au calcul des conditions nécessaires et suffisantes pour l'existence de trois racines en $z$, à savoir

$$f(x'_1) > 0, \qquad f(x'_2) < 0, \qquad f(x'_3) > 0, \qquad -\cot\psi < x'_2,$$

où les trois racines $x'_i$ de l'équation dérivée se calculent rapidement en cherchant les intersections de la droite $y = 2k(x_0 - x)$ avec la courbe $y = x(x^2+1)^{-3/2}$, ou s'il y a lieu au moyen de la table.

L'étude du cas limite, où la parabole $k$ est osculatrice à la courbe (C) au point $\left(t,\ 1/\sqrt{t^2+1}\right)$, montre que l'équation (3) ne peut avoir quatre racines réelles que si le point $(x_0, y_0)$ est intérieur à la région limitée par l'axe des $x$ et par la courbe unicursale (C′)

$$x_0 = \frac{3t^3}{2t^2-1}, \qquad y_0(t^2+1)^{-\frac{1}{2}}\left(1 - \frac{1}{2}\,\frac{t^2}{2t^2-1}\right).$$

Il faut en outre que la parabole $k$ soit comprise entre les deux paraboles issues de $(x_0, y_0)$ et tangentes à la courbe (C). Parmi tous les systèmes de valeurs $(x_0, y_0, k)$ satisfaisant aux conditions précédentes on ne pourra retenir que ceux pour lesquels l'équation

$$\Phi(u) = (u^2+1)^{-\frac{1}{2}} - \lambda k(u - x_0)^2 - \lambda y_0 = 0$$

a deux racines réelles tombant entre la première et la seconde racine de $f(x) = 0$.

Eu égard à la relation $p^2 + q^2 = h\lambda^{-1}$, l'équation auxiliaire $\Phi(u) = 0$ s'obtient en résolvant le système (2) par rapport à $s$, où le facteur $\lambda^{-1}$ qui oscille entre 0,4916 et 0,5084 tient compte de l'excentricité de l'orbite terrestre. On est donc conduit à étudier les variations des paramètres $\psi$, $h$ et $p$ correspondant aux valeurs admissibles de $(x_0, y_0, k)$ et à distinguer deux cas selon le signe de $x_0$.

Pour toute valeur négative de $x_0$, les extrema de $\psi$, $h$, $p$ ayant lieu lorsque $y_0$ a sa valeur minimum, il suffira de déplacer le point $(x_0, y_0)$ le

long de la branche inférieure de (C′) pour trouver le premier groupe de conditions nécessaires

$$0^\circ \leqq \psi \leqq 18^\circ 8'; \quad 0 < h \leqq 0{,}64834; \quad -0{,}5741 \leqq p \leqq 0{,}2093.$$

Si au contraire $x_0 > 0$ les valeurs extrêmes ont lieu sur la branche supérieure de (C′) et, pour $x_0 = \infty$, on obtiendra le deuxième groupe :

$$0^\circ \leqq \psi \leqq 180^\circ; \quad h \geqq 106{,}83; \quad p \geqq 6{,}1173.$$

L'identification des deux systèmes de paramètres permet de retrouver les résultats de M. Banachiewicz.

On s'explique dès lors qu'on ait rencontré si rarement des comètes à solutions multiples; les seules observées jusqu'ici sont la comète Cruls ($\psi = 6^\circ 19'$; $h = 0{,}2615$; $p = -0{,}2171$) et celle de 1910 $a$ ($\psi = 6^\circ 35'$; $h = 0{,}0838$; $p = 0{,}1755$), toutes deux du premier groupe. L'application de la méthode au cas difficile de la comète 1927 $j$ (Schwassmann) nous a permis de découvrir un exemple concret d'une comète ayant trois solutions et appartenant au second groupe ($\psi = 147^\circ 26'$; $h = 210{,}6$; $p = 10{,}18$).

Quant au cas $s = 0$, $c = \pm 1$, on le traite directement en résolvant l'équation simplifiée $\pm m[(m-1)^2 + \beta] - \alpha = 0$, où l'on a posé $m = x/x_0$; $x_0 = (p \pm 1)$; $\alpha = h/x_0^3$; $\beta = q^2/x_0^2$, et où l'on suppose $x_0$ positif. On prendra le signe inférieur pour calculer la quatrième racine en $x$ qui est toujours de signe contraire à $x_0$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les indices de réfraction des ondes électroniques.* Note de M. **J. Winter**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que, pour des ondes de de Broglie de voltages faibles (inférieurs à 500 volts pour des électrons), les métaux possèdent un indice de réfraction. Nous cherchons ici à donner une interprétation théorique de l'existence de cet indice, valable pour des électrons très lents (de l'ordre du volt). Nous obtiendrons ainsi une interprétation de la différence de potentiel métal-vide, dont on admet l'existence pour rendre compte de l'effet photoélectrique, des phénomènes thermioniques, etc.

Nous assimilons le métal à un ensemble d'atomes neutres, ayant la symétrie sphérique et distribués régulièrement dans l'espace. On considère une onde plane de de Broglie, $e^{-ikx}$ ($k$, quantité de mouvement des électrons incidents), qui tombe sur un tel atome et qui soit telle que sa lon-

gueur d'onde $\lambda$ soit nettement supérieure au rayon de l'atome, supposé de rayon fini, suivant l'image classique. On sait ([1]) que l'effet de l'atome sera de lui superposer une onde sphérique divergente dont l'expression à grande distance sera $c_0 e^{-ikr}/kr$ ($r$ rayon vecteur compté à partir du centre de l'atome, $c_0$ constante numérique proportionnelle à $k$; si l'on pose $c_0 = d_0 k$, $d_0$ sera une longueur ne dépendant que de la structure de l'atome diffuseur). Cette onde est, bien entendu, diffusée élastiquement. Il est essentiel de noter qu'elle sera, pour $c_0$ assez petit, en phase avec l'onde incidente. (Elle serait déphasée de $\pi$, si l'on inversait le signe de la charge du corpuscule incident.) Que deviendra, pour une onde tombant sur un métal, l'ensemble de toutes ces ondes sphériques?

Un problème analogue a été résolu, en optique, par Oseen. L'onde plane réfractée est due à la composition de ces ondes sphériques, dues à des dipôles régulièrement répartis dans le milieu réfringent. On trouve, pour l'indice de réfraction, la formule de Lorentz-Lorenz. Nos hypothèses sont équivalentes à celles d'Oseen ([2]) et conduisent à un résultat analogue après des calculs très simples. On trouve, au lieu de la formule Lorentz-Lorenz, l'équation (1)

$$k^3(n^2-1) = 4\pi N c_0, \tag{1}$$

$n$ indice de réfraction cherché, N nombre d'atomes du métal par unité de volume. On sait que si un corpuscule d'énergie E dans le vide pénètre dans un milieu où il prendra une énergie potentielle $-$U, ce milieu aura, pour lui, un indice de réfraction donné par (2),

$$n = \sqrt{\frac{E-U}{E}}. \tag{2}$$

La comparaison de (1) et (2), en tenant compte de la relation entre E et $k$, montre que, pour des électrons assez lents, tout se passe comme si l'on avait, au lieu des atomes du métal, un potentiel constant, négatif, donné en valeur absolue par la formule

$$U = \frac{N h^2}{2\pi m} d_0 \tag{3}$$

($m$ masse des électrons, $h$ constante de Planck). La différence de potentiel métal-vide apparaît ainsi comme due uniquement au caractère ondulatoire

([1]) Voir L. de Broglie, *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, 3, 1933, p. 349.

([2]) Max Born, *Optik*, Berlin, 1933, § 74 et suiv.

des électrons. Ainsi pour des électrons assez lents, tout se passe comme si les zones de potentiel existant dans les atomes du métal étaient remplacées par un potentiel constant dans tout le métal ([1]), et indépendant de $k$. De plus, si les potentiels perturbateurs tendent aussi vers zéro, à la limite cette valeur constante sera égale à la valeur moyenne du potentiel dans le métal.

Nos hypothèses essentielles (répartition uniforme des atomes, et symétrie sphérique de ces atomes) ne sont en général pas réalisées dans un métal; aussi notre interprétation n'est-elle encore que qualitative; elle ne s'applique pas aux ions, dont les longueurs d'onde sont beaucoup trop petites. Elle ne donne que l'allure d'ensemble de l'onde électronique dans le métal sous la forme $e^{-iknx}$. En réalité, l'onde a la forme $Ae^{-iknx}$, A étant une fonction des coordonnées d'espace, ayant la périodicité du réseau métallique. L'étude de A a été faite, en optique, par Ewald.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'incandescence de certaines serpentines après leur déshydratation.* Note ([2]) de M^lle **Simonne Caillère.**

Les phénomènes d'incandescence n'ont été signalés jusqu'à présent que pour certains niobotantalates de terres rares, formant avec l'orthite, l'allanite, la gadolinite, le groupe des minéraux pyrognomiques ([3]) et pour certains oxydes métalliques précipités ([4]). J'ai observé un phénomène analogue avec certaines serpentines et il me paraît intéressant d'indiquer, dès maintenant, les conditions dans lesquelles il se produit.

J'ai montré précédemment ([5]) qu'il était possible à l'aide de l'analyse thermique différentielle de les diviser en deux groupes :

1° les antigorites $\alpha$ dont la courbe de déshydratation présente un crochet endothermique à 650° et un crochet exothermique entre 750° et 850°;

2° les antigorites $\beta$, dont la courbe révèle seulement l'inflexion endothermique à 650°.

---

([1]) Remarques de M. de Broglie.

([2]) Séance du 4 avril 1934.

([3]) Des Cloizeaux et Damour, *Ann. de Chimie et de Physique*, 59, 1860, p. 357; Liebisch, *Sitzungsber. Akad. Wissensch.*, Berlin, 20, 1910, p. 351.

([4]) Le Chatelier, *Bull. Soc. chim.*, 47, 1887, p. 303.

([5]) S. Caillère, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 628.

On pouvait se demander si le dégagement brusque de chaleur, fourni entre 750° et 850° par les antigorites α, ne s'accompagnait pas d'une incandescence. Je l'ai en effet constaté; tout d'abord sur l'antigorite α, à clivages pseudocubiques de Tilly Foster près Brewster (New-York), au cours de la préparation d'une poudre en vue d'une étude aux rayons X. Ce minéral, pulvérisé finement, mais non tamisé, a été déshydraté dans un appareil à vide, identique à celui décrit par M. J. Orcel (¹). Ce dispositif permet de préciser la température du départ de l'eau, qui s'échappe dans cette antigorite à 515°. (Cette température est inférieure à celle indiquée précédemment, car on sait, que les températures relevées sur les courbes d'analyse thermique différentielle sont supérieures d'environ 100° à la température réelle de départ donnée par la méthode de déshydratation dans le vide.)

Pour parvenir à une déshydratation complète de la substance, on élève progressivement la température qui est maintenue constante jusqu'à ce qu'il soit impossible de déceler la moindre variation de pression dans le tube et l'on suit, par des pesées successives, les pertes de poids de la substance. La déshydratation a été faite de la façon suivante, la prise d'essai étant 0,4783, et la pression initiale $0^{mm},12$ :

| Durée du chauffage. | Température. | Perte de poids. |
|---|---|---|
| 1 heure............. | 20 à 600° | » |
| 1 » ............. | 600 à 650 | » |
| 192 » ............. | 650° | 13,58 % |
| 140 » ............. | 650 | 14,08 |
| 192 » ............. | 650 | 14,08 |
| 6 » ............. | 720 | 14,08 |

Une élévation de température de 70° n'ayant amené aucune variation de poids il y a lieu de considérer la déshydratation comme complète; c'est d'ailleurs ce que prouve la courbe d'analyse thermique faite avec cette poudre. Elle ne présente aucune inflexion endothermique, mais un crochet exothermique important. C'est sur la poudre déshydratée à 720° que j'ai observé le phénomène d'incandescence. Quelques centigrammes sont chauffés dans un creuset de platine, on en suit la température à l'aide d'un couple platine-platine rhodié et à 810° la poudre s'illumine. Il se produit une traînée lumineuse qui se déplace lentement. Elle est aisément visible

(¹) *Recherches sur la composition chimique des chlorites* (*Thèse*, 1927; *Bull. Soc. Min.*, 50, 1927, p. 289).

parce qu'elle se produit à une température relativement basse (au rouge sombre). On observe un changement de couleur de l'antigorite, alors qu'après déshydratation et chauffage à 720° la poudre est légèrement jaunâtre, elle devient rouge brique après l'incandescence.

Le crochet exothermique observé sur la plaque photographique du dispositif différentiel correspond donc bien à une incandescence. Il n'est pas nécessaire d'utiliser une poudre aussi soigneusement déshydratée, le phénomène étant nettement visible pendant la calcination de la poudre primitive.

J'ai remarqué que toutes les antigorites $\alpha$ présentent le phénomène pyrogénétique avec plus ou moins d'intensité. C'est le cas de la marmolite de Hoboken (New Jersey), des métaxites de Moncaup (Haute-Garonne) et de Reichenstein (Silésie), de la serpentine nickelifère de Valojoro (Madagascar).

Il a lieu avec autant de netteté dans les poudres de roches dont le constituant essentiel est une antigorite $\alpha$ : serpentines de Manakanbahiny, d'Andranofito (Madagascar) et de la Roche l'Abeille (Haute-Vienne). Il peut donc servir à l'identification de ces antigorites pures ou dans un mélange; sa signification reste à déterminer mais il doit vraisemblablement correspondre à une modification profonde de structure.

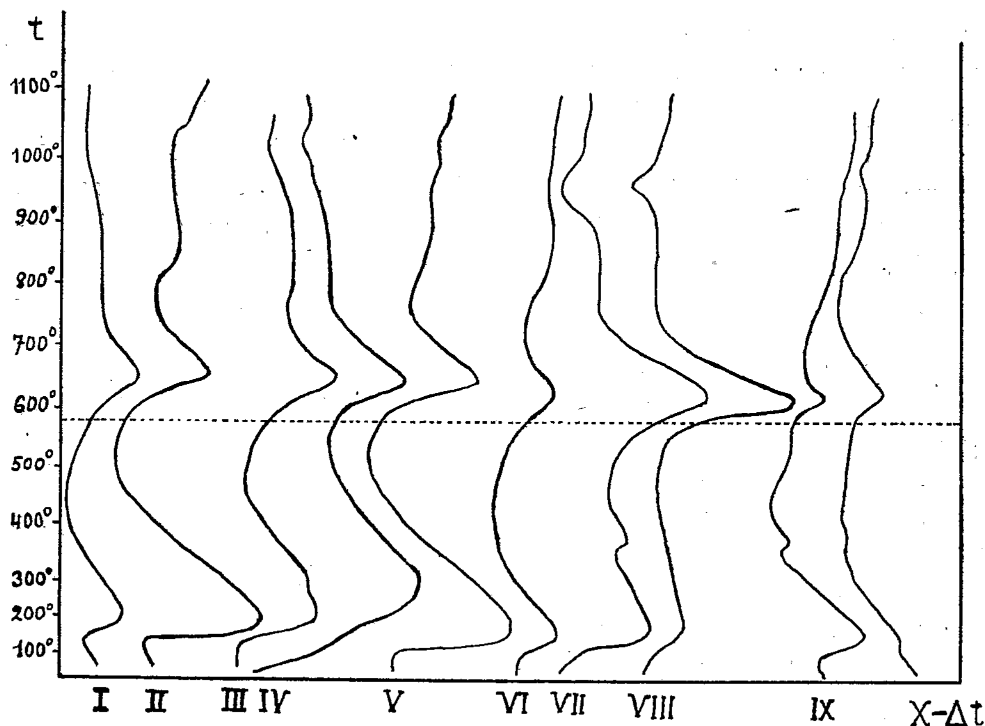
PÉDOLOGIE. — *L'analyse thermique des sols de Tunisie.* Note [1] de MM. **V. Agafonoff** et **G. Jouravsky.**

En s'appuyant sur les recherches de M. J. Orcel et M^lle^ S. Caillère [2] concernant l'emploi de l'analyse thermique différentielle pour le diagnostic des minéraux des argiles, l'un de nous a montré que l'hypothèse des pédologues sur la prédominance de la kaolinite dans la partie argileuse des sols est expérimentalement confirmée par l'analyse thermique. Nous avons appliqué la même méthode aux sols de Tunisie ; voici les résultats de nos premières observations. Les échantillons examinés ont été prélevés dans les couches successives des différents types de sols et dans leurs roches-mères ; ils ont été préalablement décalcifiés par HCl à 10 pour 100 et débarrassés de la fraction sableuse par décantation. Sur 24 analyses thermiques concordantes, nous donnons les dix courbes les plus caractéristiques. A titre de comparaison avec les courbes fournies par les sols tunisiens formés aux

(1) Séance du 4 avril 1934.
(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 774.

dépens d'une dacite décomposée, nous donnons celles obtenues avec un sol granitique et sa roche mère altérée (région de Saint-Yrieix).

Toutes ces courbes mettent en évidence l'existence de la kaolinite dans les sols et roches mères étudiés. Quelques remarques s'imposent sur la




I. Sol rougeâtre sur calcaire tendre (avec croûte) de néogène supérieur. Route de Manouba à Saint-Cyprien (Tunisie). Profondeur 0-5 cm. — II. Même coupe. Roche mère : calcaire tendre. Profondeur 75-80 cm. — III. Sol forestier faiblement podzolique, couleur foncée, sur calcaire argileux (quaternaire continental). 9 km de Tabarka sur Aïn-Draham (Tunisie). Profondeur 15-20 cm. — IV. Même coupe. Couche à noisettes; profondeur 30-35 cm. — V. Même coupe. Roche mère : calcaire argileux. Profondeur 75-80 cm.— VI. Sol gris brunâtre sur calcaire argileux (éocène inférieur). 25 km du Pont du Fahs sur Maksou (Tunisie). Profondeur 3-15 cm. — VII. Sol sur dacite décomposé (région de Nefza, Tunisie). — VIII. Même coupe. Roche mère : dacite décomposé. *Ibid.* — IX. Sol sur granite. Saint-Yrieix (Dejalat, Corrèze, France). Profondeur 30-40 cm. — X. Même coupe. Roche mère : granite altéré.

forme et la position des inflexions endothermiques et exothermiques de ces courbes :

1° *Inflexions dues à la kaolinite.* — Dans le cas des argiles kaoliniques pures et des sols renfermant une forte proportion de kaolinite, l'inflexion endothermique commence entre 500° et 550°. Il est difficile d'évaluer avec

plus de précision cette température ([1]), en raison de la minime courbure de l'inflexion qui résulte de la faible vitesse du dégagement de l'eau à ce moment, et aussi de la conductibilité calorifique relativement peu élevée de la substance ([2]). Lorsque la proportion de kaolinite dans la substance étudiée est petite, l'inflexion endothermique est retardée, et son début s'observe entre 550° et 600°. La plupart de nos courbes montre ce décalage. Il avait été également constaté par M. J. Orcel et M^lle S. Caillère dans les mélanges artificiels de kaolinite et de montmorillonite. Les courbes de ce mélange montrent aussi que le crochet exothermique de la kaolinite (vers 950°) n'est bien visible que pour des fortes teneurs. Dans le cas des faibles teneurs il est à peine ébauché. C'est ce que l'on remarque dans les courbes des sols de Tunisie. Seules les courbes VII et VIII qui correspondent à une assez forte teneur en kaolinite présentent avec netteté l'inflexion exothermique.

2° *Inflexion endothermique à* 380-400°. — Sur les courbes VII (sols formés sur une dacite décomposée, Tunisie) et IX (sols granitiques de Saint-Yrieix) l'indication d'un phénomène endothermique vers 380° doit vraisemblablement être attribuée à la présence de gœthite. La comparaison des courbes IX et X et VII et VIII montre que ce minéral est en plus forte proportion dans le sol que dans la roche mère.

Le fait qui ressort, dès à présent, de ce qui précède est la présence de kaolinite dans les roches mères de différents étages (du Trias au Quaternaire), aussi bien que dans les couches successives des sols formés à leurs dépens.

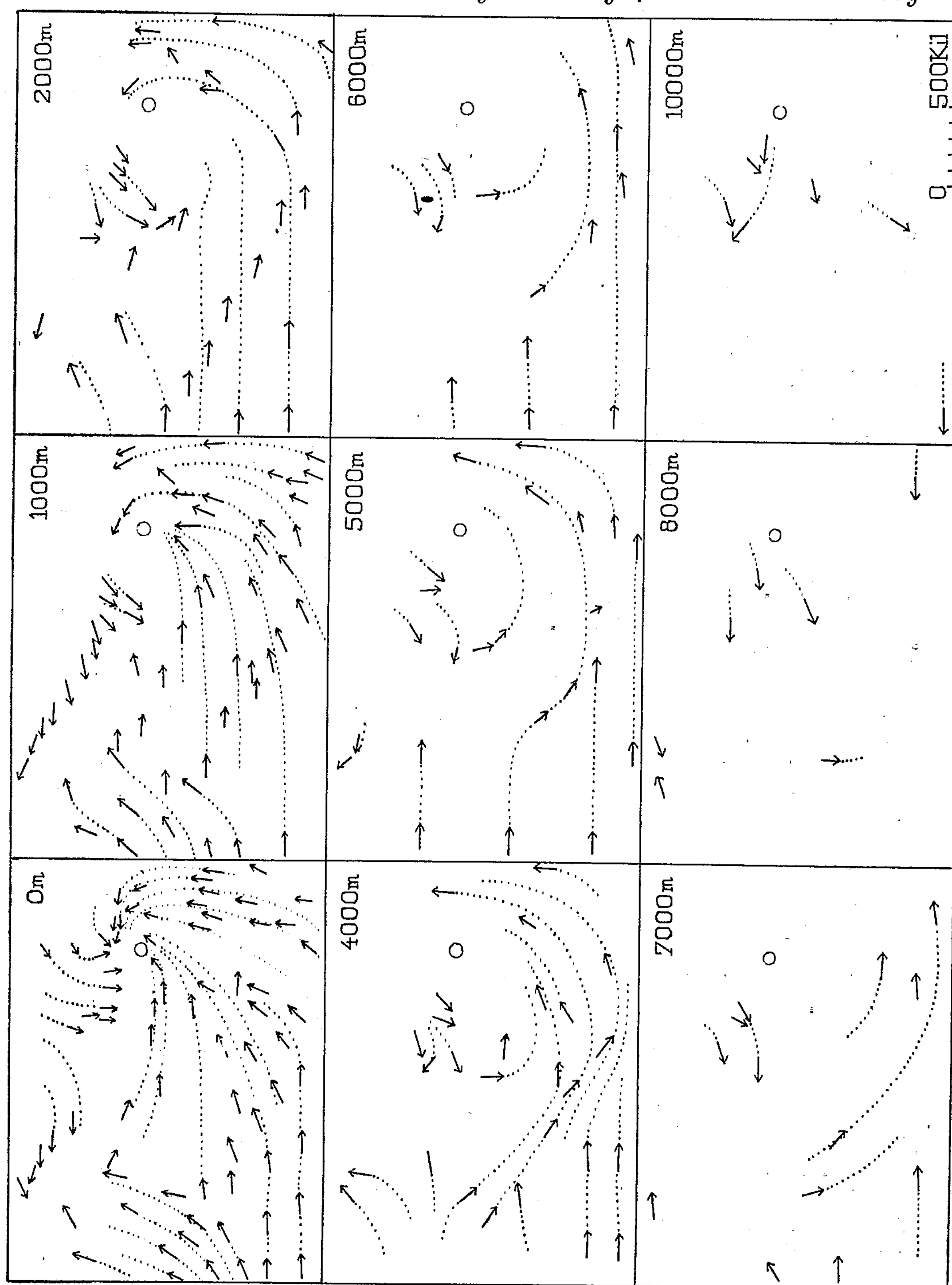
MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la distribution des filets d'air dans les cyclones tropicaux.* Note ([3]) de M. **Henry Hubert.**

Jusqu'à présent, il ne semble pas qu'on ait pu représenter, en partant de l'observation directe, la distribution des filets d'air aux différentes altitudes dans les cyclones tropicaux. Cela tient au trop petit nombre de sondages

([1]) Nous avions attribué antérieurement (V. Agafonoff et S. Pavlovitch, *loc. cit.*) une exactitude trop grande aux indications de températures fournies par le début du crochet endothermique, et par suite trop d'importance à la signification des « décalages », mais cela ne change rien à l'interprétation d'ensemble des courbes.

([2]) J. Orcel, *Bull. Soc. franç. Min.*, 50, 1927, p. 32.

([3]) Séance du 4 avril 1934.


2000m
6000m
10000m
500Kil
0
1000m
5000m
8000m
0m
4000m
7000m

aérologiques effectués au voisinage de la trajectoire de ces météores soit par suite de la faible densité des stations météorologiques, soit, surtout, par suite de la nébulosité élevée sur de vastes étendues.

Il m'a semblé possible de tourner ces difficultés en posant en principe qu'un cyclone tropical ne devait pas se déformer d'une manière appréciable pendant la période de son développement le plus intense, c'est-à-dire pendant les derniers jours de son voyage maritime et au début de son installation sur la terre ferme. S'il en est ainsi, on pourra avoir une image fidèle de la distribution des filets d'air du météore en reportant sur une carte à trois dimensions (¹) la totalité des sondages effectués pendant les jours considérés. Pour réaliser correctement une semblable opération, il faut supposer le cyclone immobile, et déplacer vers lui les stations de sondage, en fonction, bien entendu, de la marche du météore.

Ce procédé, appliqué à plusieurs cyclones de la Martinique, de Madagascar et de l'Indochine, a montré, par le parallélisme des directions des filets d'air venant s'intercaler, sur le dessin, entre ceux déjà placés, que le principe posé était pratiquement justifié. On a ainsi un nouveau moyen d'étude des cyclones tropicaux, qui n'utilise que des faits d'observation.

Les cartes établies montrent la dissymétrie du cyclone tropical (²) et l'ascension d'une masse d'air à trajectoire grossièrement rectiligne au sol au-dessus des filets d'air à trajectoire curviligne. Ceci est conforme à la *théorie des fronts* et établit, d'une façon expérimentale, l'application de celle-ci aux cyclones tropicaux.

Pour l'Indochine, la plus grande masse des filets ascendants apparaît déviée sur la droite et vers l'avant du cyclone. Par contre, pour les seuls exemples qu'on ait de Madagascar, la déviation se fait encore à droite, mais vers l'arrière du cyclone. Il serait prématuré toutefois de généraliser, d'autant plus que dans ces parages le cyclone change de direction.

Si les exemples de Madagascar s'accordent bien avec l'hypothèse, antérieurement faite par le R. P. Poisson, d'un conflit alizé-mousson, ceux de l'Indochine montrent que l'un ou l'autre de ces courants peut être

---

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1595.

(²) La figure ci-dessus, tirée d'une carte à trois dimensions, et se rapportant au typhon de Thanh-Hoa (Tonkin) du 23 juillet 1932, a été choisie parmi celles où cette dissymétrie est particulièrement accusée. Sur cette figure, les flèches marquent les directions de vent observées, les lignes ponctuées, les directions probables des filets d'air, le petit cercle la trace de la verticale passant par le centre du typhon. La trajectoire de celui-ci est ESE-WNW.

remplacé, dans la production des typhons, par un vent local. De plus, les filets ascendants n'appartiennent pas toujours au même courant, et plus souvent peut-être à celui qui va vers l'équateur qu'à celui qui en vient.

Par la somme des renseignements qu'il fournit, le procédé de représentation décrit ici paraît de nature à faciliter la prévision des cyclones tropicaux.

PALÉONTOLOGIE. — *A propos de l'évolution morphologique des molaires chez les Mastodontes de la série du* Tetraboledon angustidens *G. Cuv.* Note de MM. G. Pontier et R. Anthony, présentée par M. Ch. Barrois.

Le *Tetrabelodon angustidens* du miocène moyen d'Europe a été précédé dans le Miocène inférieur de l'Europe et de l'Afrique du Nord de formes plus petites, comme par exemple : *T. minutus* G. Cuvier, *T. Gaujaci* Lartet, *T. angustidens*, variété *pygmæus* Depéret. Ces formes sont, au point de vue dentaire, essentiellement caractérisées par des dents jugales plus simples comme l'avait déjà remarqué Depéret.

Il existe dans les collections de G. Pontier une dernière molaire supérieure droite ($M^3$) de Mastodonte, qui, provenant des couches miocènes inférieures de Castelnau d'Arbieu (Gers) se rattache au type *angustidens*, présentant seulement les particularités suivantes : une taille plus réduite; une exiguïté marquée de la quatrième crête transversale de tubercules intéressant surtout le tubercule externe et qui offre ainsi l'aspect d'un volumineux talon; une complication moindre des tubercules intermédiaires.

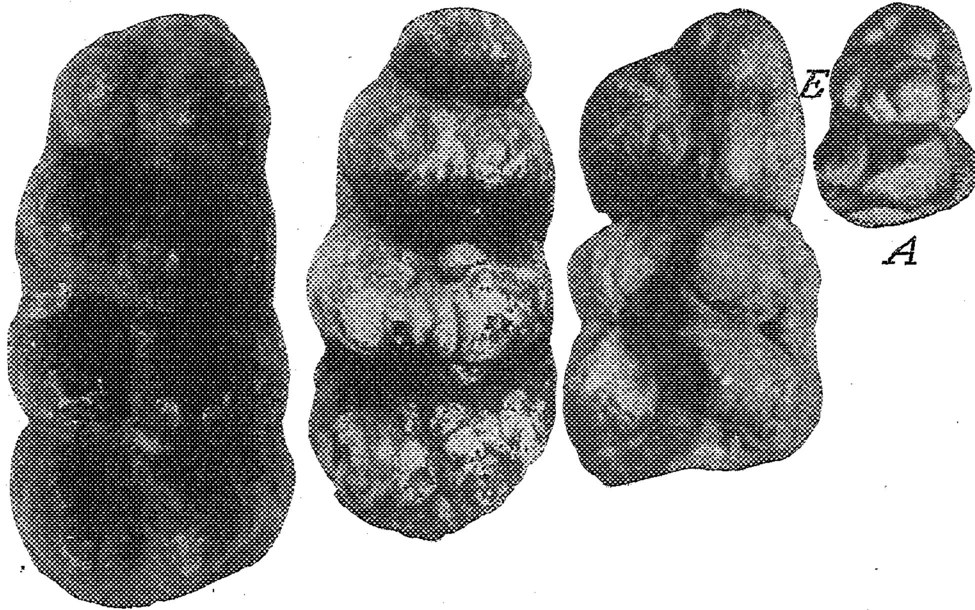
R. Anthony, d'autre part, a recueilli récemment, dans les couches miocènes également inférieures de Monteagudo, en Navarre (Espagne), une $M^3$ gauche très comparable à la précédente, quoique légèrement plus volumineuse, mais malheureusement incomplète quant à sa région postérieure.

Ces deux dents établissent la liaison entre le *T. angustidens* typique et l'*Hemimastodon* asiatique (genre créé par Pilgrim en 1912 sur des matériaux provenant de l'Oligocène supérieur des Indes : *H. crepusculi* Pilgrim. Collines de Bugti) dont $M^3$ est également connue.

Chez l'*Hemimastodon annectens* Matsumoto 1924 (Hiramaki, formation du Japon que l'auteur assimile au Burdigalien d'Europe), $M^3$ est plus petite encore que chez le *Tetrabelodon* de Castelnau d'Arbieu, et, les éléments de sa quatrième crête transversale, de même que les tubercules intermédiaires, sont de taille encore beaucoup plus petite. On peut, grâce

à cet ensemble de documents, établir la série de taille croissante et de complication progressive qui est représentée dans la figure.

L'*Hemimastodon* ne mérite point de constituer un genre particulier. C'est,




Dernière molaire supérieure (M³) gauche; de droite à gauche : *Palaeomastodon Beadnelli* Andrews (Eocène supérieur) d'après Andrews (à titre de comparaison). — *Hemimastodon annectens* Mats. (Hiramaki formation du Japon assimilable au Miocène inférieur d'Europe) d'après Matsumoto. — *Tetrabolodon angustidens* G. Cuvier, spécimen de petite taille provenant de Castelnau d'Arbieu (Miocène inférieur). Coll. G. Pontier. — *Tetrabelodon angustidens* G. Cuvier, forme typique (Miocène moyen).

Pour montrer qu'à mesure que la taille augmente au cours du temps la dernière molaire supérieure se complique de plus en plus, le nombre de ses collines transversales passant de 3 avec un petit talon chez l'*Hemimastodon*, à 4 avec un petit talon, chez le *Tetrabelodon angustidens* G. Cuvier (forme typique). Toutes ces dents sont uniformément réduites à 1/2 de grandeur naturelle et orientées de la même manière : A, face antérieure; E, face externe (*Palaeomastodon*). Les molaires du *Palaeomastodon* et du *Tetrabelodon* de Castelnau d'Arbieu qui étaient des molaires droites ont été retournées pour faciliter les comparaisons.

comme les formes du Miocène inférieur de l'Europe et de l'Afrique du Nord, une mutation de petite taille dans la série des Tetrabelodons bunolophodontes. Les caractères dentaires particuliers de ces formes s'expliquent précisément par leur petite taille, suivant la loi générale établie par M. Friant [1], et leur plus grande ancienneté montre comment a pu se développer dans le temps, par le seul fait d'une augmentation progressive

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 482.

de taille, à partir sans doute du *Palaeomastodon* et même du *Moeritherium*, la morphologie dentaire caractéristique de Tetrabelodons bunolophodontes.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *De l'influence sur les végétaux de l'application par contacts de courants électriques.* Note de MM. **Georges Truffaut** et **Sébastien Pastac**, présentée par M. L. Mangin.

On sait qu'il existe entre différents points d'un même végétal des différences de potentiel électrique.

Ces différences de potentiel sont constantes de signe et variables en grandeur : le feuillage et les parties supérieures des plantes sont chargés négativement par rapport à la terre; la grandeur absolue de ces charges varie au cours des 24 heures journalières.

Nos recherches ont pour but principal d'étudier, sur les mouvements de la sève, l'action de forces électromotrices extérieures appliquées directement sur les plantes par contact.

Une force électromotrice de courant continu, appliquée entre la terre et la partie supérieure de la plante, change le potentiel naturel de celle-ci. Elle agit sur le mouvement de la sève et peut l'augmenter, le diminuer ou l'arrêter, selon le sens et l'intensité du courant.

Nous avons constaté que l'application sur les végétaux, de courants alternatifs de mêmes intensités que celles du courant continu utilisé, n'a aucune action.

Nos essais sur des arbres fruitiers en pots, effectués avec des courants continus, nous ont montré que la façon dont le contact était établi pour introduire le courant dans les plantes jouait un rôle important.

Un bon contact doit permettre le passage facile et régulier du courant vers les vaisseaux conducteurs de la sève et au travers des écorces qui constituent de bons isolants, sans introduire dans la sève des éléments nuisibles.

Pour des plantes à tiges molles, telles les hortensias, les géraniums, nous avons essayé des contacts par aiguilles en acier inoxydable. Nous avons constaté qu'à l'endroit des piqûres les tiges sont souvent lésées par suite d'une intensité trop grande du courant s'appliquant sur une trop petite surface de contact.

Les contacts sur les tiges, par colliers métalliques serrant des feutres humidifiés, permettent un passage facile du courant. En imbibant les tissus corticaux, leur résistance est considérablement diminuée. Mais nous avons constaté que, dans ces conditions, les écorces des tiges des arbres fruitiers,

sous l'influence du courant et de l'humidité, pourrissent. L'intensité du courant qui passe à travers les tissus varie proportionnellement avec l'imbibition des feutres.

Nous avons été amenés à utiliser des colliers à vis, en acier inoxydable, serrables, résistant à l'électrolyse, munis intérieurement de nombreuses petites pointes, qui, traversant l'écorce, facilitent le passage du courant vers les faisceaux libéro-ligneux.

Nos expériences sur cerisiers, pêchers, poiriers, pruniers de 3 ans, cultivés en pots, nous ont montré que ces arbres ne peuvent impunément supporter un courant continu constant, supérieur à quelques dixièmes de milliampères par centimètre carré de section de tige.

Les mêmes arbres, par contre, supportent parfaitement, en traitement interrompu, un courant beaucoup plus intense.

On peut dire, d'une manière générale, que le maximum de courant que peut supporter une plante, est inversement proportionnel à la durée d'application. L'inversion du sens du courant pendant le traitement influe beaucoup sur les plantes.

Nous avons ainsi traité un pêcher pendant trois semaines avec une intensité de 0,2 milliampère par centimètre carré de section, sans observer d'effet nuisible sur la végétation. En inversant le sens du courant pendant 24 heures, la plante a été tuée.

Nous avons pu ainsi, en faisant varier les temps d'application, arrêter la végétation de tout un arbre, ou seulement de quelques-unes de ses branches, et cela à notre gré. Nous avons observé qu'en appliquant, entre deux parties quelconques d'une même plante, le même potentiel, c'est-à-dire en reliant un collier de prise de courant à un autre collier situé sur une branche quelconque en égalisant ainsi le potentiel électrique, on peut arrêter complètement la circulation de la sève dans cette zone et faire ainsi mourir une branche en moins de 12 heures.

Pour étudier l'influence du sens du courant, nous avons appliqué un courant électrique continu sur des *Leonitis leonurus*, tiges de $1^{m}$ de hauteur. Quand nous avons appliqué à la partie supérieure de ces plantes le pôle positif d'une batterie 40 volts (intensité, 0,1 milliampère par centimètre carré), nous avons constaté qu'après 24 heures de traitement ininterrompu la partie supérieure de la plante était tuée.

Des plantes identiques, traitées de la même façon pendant quatre heures par jour, se développent beaucoup mieux que les témoins.

Si l'on applique pendant quatre heures par jour le pôle négatif à la partie supérieure des *Leonitis*, la végétation des plantes traitées est très en retard

sur celle des témoins. Nous pouvons en conclure qu'en appliquant sur des végétaux d'une façon raisonnée les courants électriques continus, on peut influencer leur croissance et ainsi activer ou retarder leur végétation.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution de l'essence de carotte.* Note [1] de M. **Léon Palfray** et Mlle **Anne-Marie Lepesqueur**, présentée par M. M. Delépine.

L'essence de carotte a fait déjà l'objet de quelques travaux, mais les résultats publiés sont loin d'être complets.

En 1890, M. Landsberg [2] a étudié une essence de graines de carottes allemandes. Par fractionnement il a isolé du pinène et un corps inconnu de formule $C^{10}H^{18}O$, analogue au cinéol.

En 1909, E. Richter [3] étudie une essence provenant de la maison Schimmel. A côté d'acides libres, d'éthers, de terpènes (*l*-pinène, *l*-limonène) il isole un glycol solide, $C^{15}H^{26}O^{2}$, le *daucol*, se comportant comme un corps saturé puisqu'il ne fixe pas le brome, et ne fixant, par ailleurs, qu'une seule molécule d'acide acétique.

Beaucoup plus tard, Asahina et Tsukamuto [4] ont publié une étude plus poussée, utilisant séparément les essences issues des fruits seuls, des tiges seules, des fruits et tiges ensemble. Ils ont constaté de nouveau des différences très nettes de composition suivant les organes d'origine, et aussi suivant la forme cylindrique ou conique des racines. Ils ont isolé, par combinaison mercurique, un alcool sesquiterpénique monovalent $C^{15}H^{26}O$ qu'ils ont appelé *carotol*. L'action du permanganate conduit à un triol $C^{15}H^{28}O^{3}$, l'action du brome à un dibromure $F = 58°,5$. En revanche, ils n'ont trouvé ni terpènes, ni alcool divalent ou daucol.

La maison Roure-Bertrand [5] a publié l'analyse sommaire d'une essence totale de carotte provenant du Puy-de-Dôme.

Enfin une étude avait été amorcée, par S. Sabetay, qui n'a pu être continuée et dont les résultats n'ont fait l'objet d'aucune communication.

Nous nous sommes proposé de reprendre la question. A cette fin, nous

(1) Séance du 26 mars 1934.
(2) *Arch. Pharm.*, 3e série, **228**, 1890, p. 85.
(3) *Arch. Pharm.*, **247**, 1909, p. 391.
(4) *Journ. Pharm. Chem. Soc. of Japan*, **525**, 1925, p. 961, et **538**, 1926, p. 97.
(5) *Bull. Roure-Bertrand*, 1912, p. 31.

avons utilisé une essence totale de carotte, obtenue par distillation à la vapeur, provenant de la carotte commune cultivée en Vaucluse et qui nous a été fournie obligeamment par M. P. Dhumez.

Cette essence totale ne contient pas de groupes méthoxy ou éthoxy (Zeisel négatif), pas d'azote (Lassaigne négatif), pas de phénols (sauf peut-être à l'état de traces); à la lumière de Wood elle ne présente pas de fluorescence. En solution $CHCl^3$ elle fixe du brome, en outre par $SbCl^3$ elle donne une coloration jaune (1).

Ses constantes sont

$$d_4^{17}=0,9413,\quad n_D^{18,5}=1,4931,\quad \alpha_D^{17}=+3°,90,\quad I_{\text{acidité}}=3,47,$$
$$I_{\text{sapo}}=19,73,\quad I_{\text{sapo}}\ (\text{après acétylation})=55,5.$$

Un premier essai d'analyse a porté sur 1085g d'essenee.

1° Par $SO^3NaH$ on a isolé 1g,5 de combinaison bisulfitique, et de là environ 1g de corps à odeur nette d'aldéhyde gras. On a, d'autre part, fait un dosage direct par $NH^2OH$, ClH. Mais on n'a pu isoler ni oxime, ni semicarbazone bien caractérisées, ce qui semble indiquer un mélange de composés carbonylés.

2° Par addition de $CO^3Na^2$ jusqu'à neutralité, on a séparé les acides libres. Corrélativement, on a entraîné à la vapeur des acides libres. Dans l'un et l'autre cas, on a caractérisé la présence de HCOOH et de $CH^3-COOH$.

3° On a saponifié par KOH pour enlever les acides combinés.

4° L'essence, ainsi débarrassée de composés carbonylés, d'acides libres ou combinés, a été fractionnée (1020g) sous pression réduite.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *a*..... | $E_{15}=$ 55- 80° | 62g | | | |
| *b*..... | $E_{15}=$ 80-125 | 53 | $d_4^{17}=0,910$ | $n_D^{17}=1,4881$ | $\alpha_D^{20}=-10°,09$ |
| *c*..... | $E_{16}=$ 125-145 | 120 | $d_4^{17}=0,926$ | $n_D^{17}=1,4962$ | $\alpha_D^{20}=+2,16$ |
| *d*..... | $E_{16}=$ 142-147 | 126 | $d_4^{17}=0,930$ | $n_D^{17}-1,4973$ | $\alpha_D^{17,5}=+6,60$ |
| *e*..... | $E_{16}=$ 147-151 | 144 | $d_4^{17}=0,944$ | $n_D^{17}=1,4982$ | $\alpha_D^{17}=+12,93$ |
| *f*..... | $E_{16}=$ 150-154 | 269 | $d_4^{17}=0,958$ | $n_D^{17}=1,4987$ | $\alpha_D^{18}=+20,93$ |
| *g*..... | $E_{3,5}=$ 121-124 | 52 | $d_4^{17}=0,965$ | $n_D^{17}=1,5001$ | $\alpha_D^{18,5}=+23,93$ |
| *h*..... | $E_3=$ 122-125 | 60 | $d_4^{17}=0,968$ | $n_D^{17}=1,5001$ | $\alpha_D^{17}=+21,16$ |
| *i*..... | $E_2=$ 130-139 | 16 | $d_4^{17}=0,968$ | $n_D^{17}=1,5027$ | $\alpha_D^{18}=+6,85$ |
| *j*..... | $E_{2,5}=$ 145-183 | 31 | $d_4^{17}=0,962$ | $n_D^{17}=1,5016$ | $\alpha_D^{16}=-5$ |
| *k*..... | | | Résidu indistillable | | |

(1) Sur la détection de la liaison éthènique par $SbCl^3$, voir S. SABETAY, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 557, et R. DELABY, S. SABETAY et M. JANOT, *Ibid.*, **198**, 1934, p. 236.

La portion (*a*), refractionnée à la pression ordinaire, nous a fourni surtout le *l*-pinène : Eb. = 157,5 — 160°, $d_4^{23} = 0,848$, $n_D^{22} = 1,4679$, $\alpha_D^{22} = -35°$, qui a été caractérisé par son oxydation ($SeO^2$) en verbénone.

Nous nous arrêterons spécialement aux portions qui passent, sous 15$^{mm}$, aux environs de 150°, avec $d_4^{19} = 0,960$, $n_D^{19} = 1,498$, $\alpha_D^{19} = +27°$. D'après l'analyse, c'est dans cette portion que serait contenu le composé $C^{15}H^{26}O$ puisque nous trouvons : H pour 100 = 11,82; C pour 100 = 80,66 (th. 11,71 et 81,07) et $R_D = 67,89$ (68,12 pour $C^{15}H^{26}O$). Ces constantes sont identiques à celles trouvées par Asahina et Tsukamuto pour le *carotol*.

Cette fraction absorbant le brome et se colorant en jaune par $SbCl^3$ n'est donc pas saturée. Nous avons essayé de déterminer le nombre de liaisons éthéniques. Les essais en cours ne sont pas terminés, mais déjà, par hydrogénation à froid en présence d'oxyde de platine, nous avons constaté qu'il se fixait sensiblement 1 mol d'hydrogène. Par la réaction de Zerewitinoff on décèle environ un groupe OH.

A titre de comparaison, nous avons déterminé la composition de l'essence totale. Il est à remarquer que cette essence contient des éléments (l'indistillable sans doute) très difficiles à brûler, sinon mélangés à Cu O. On a ainsi trouvé pour l'essence totale : H pour 100 = 11,67; C pour 100 = 81,27.

La quasi-identité de composition moyenne entre l'essence totale et la portion $E_{15} = 150°$ correspond à la compensation qui se fait entre les terpènes et les constituants carboxylés et carbonylés.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations concernant l'étiologie du bayoud.* Note de M. **G. Malençon**, présentée par M. L. Mangin.

A la suite de nos observations personnelles effectuées en 1932, puis confirmées et complétées au printemps de 1933 en compagnie de MM. Maire et Foëx [1], nous avons pu déclarer que le bayoud des palmiers entrait dans le cadre des trachéomycoses. L'agent responsable est le *Cylindrophora albedinis* Killian et Maire, champignon deutéromycète isolé dès 1921 des arbres malades par Sergent et Béguet, mais dont le rôle parasitaire était fortement contesté jusqu'ici.

Nous avons noté que les conidies, typiquement unicellulaires au moment

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1349-1350.

où elles se détachent des conidiophores, prennent fréquemment une, deux, et même parfois trois cloisons transversales en continuant leur développement une fois libérées. Très souvent aussi, à côté des conidies droites ou faiblement arquées et à sommets arrondis signalées par Killian et Maire, nous en avons rencontré à courbure fortement accusée et à extrémités amincies et aiguës; dans ce cas, leur profil devenait nettement *falciforme* et elles étaient soit unicellulaires, soit munies d'un septum médian transversal. Ajoutons encore que les sclérotes apparus dans nos cultures, surtout sur pomme de terre et milieux de Czapeck ou de Waksmann gélosés, quoique paraissant noirs à première vue, étaient toujours d'un vert bleu très foncé.

Ces caractères nous avaient depuis longtemps porté à envisager que le *C. albedinis* pourrait bien n'être que la forme microconidienne d'un *Fusarium*, dont les macroconidies auraient jusqu'ici échappé aux investigations des chercheurs.

Il était en en effet troublant de constater que dans ce genre, la Section *Elegans* de Wollenweber (sous-sections *Constrictum* et *Oxysporum*) comprend des espèces hautement parasitaires et trachéiphiles : *Fusarium bulbigenum*, *oxysporum*, *vasinfectum*, qui donnent des cultures de coloration rose ou violette, produisent des chlamydosphores identiques à celles de l'agent du bayoud, forment des sclérotes *ærugineo-atrocærulea* et possèdent des microconidies semblables, dans leurs formes et leurs variations, à celles du *Cylindrophora albedinis*. En un mot, ce dernier champignon paraissait posséder tous les caractères biologiques et morphologiques des *Fusarium* trachéiphiles, hormis la fructification macroconidienne.

Dans cet esprit, nous avons recherché si cette forme *Fusarium* n'apparaîtrait par dans nos cultures ou, sur place, sur les palmiers atteints de bayoud. C'est ainsi qu'au début de 1933 nous avons découvert à la surface de la base d'une palme malade — des tissus de laquelle le *Cylindrophora albedinis* fut extrait — de petites pustules blanc rosé perçant l'épiderme et formant à l'extérieur un revêtement velouté et pulvérulent. A l'examen microscopique elles se révélèrent constituées d'un petit stroma plectenchymateux supportant un hyménium conidifère où se formaient d'abondantes conidies falciformes, triseptées, représentant un *Fusarium* typique. Tout cet ensemble de fructifications était plus ou moins recouvert d'un revêtement aranéeux, blanc, formé de fins cordonnets mycéliens, hérissés de conidiophores producteurs de microconidies et identiques, en tous points, aux fructifications obtenues *in vitro* du *Cylindrophora albedinis*.

Nous avions donc, côte à côte et sortant de tissus bayoudés, un *Fusarium* et un *Cylindrophora*. Des cultures effectuées séparément avec des conidies de l'un et de l'autre type produisirent des colonies du genre *Cylindrophora* possédant tous les caractères du champignon du bayoud. Ces observations apportaient donc déjà la preuve :

1° qu'un *Cylindrophora*, morphologiquement identique au *C. albedinis*, pouvait fructifier, dans la nature, à la surface des tissus bayoudés;

2° qu'un *Fusarium* pouvait apparaître dans les mêmes conditions;

3° que ce *Fusarium* produisait *in vitro* une forme microconidienne absolument comparable au *Cylindrophora albedinis*.

Par ailleurs, poursuivant nos recherches au laboratoire sur de cultures de *C. albedinis* obtenues d'ensemencements de tissus bayoudés, nous avons pu y voir apparaître çà et là des conidies *Fusarium* typiques, triseptées, semblables à celles trouvées dans la nature. Afin d'écarter tout soupçon de contamination par un Fusarium étranger, nous avons entrepris des cultures monospores en partant des conidies *Cylindrophora typiques* (c'est-à-dire droites, cylindracées et non septées) et nous avons réobtenu de cette façon des macroconidies *Fusarium*. D'autres ensemencements monospores, effectués cette fois en partant des conidies *Fusarium* trouvées dans nos cultures nous ont redonné la forme microconidienne : *Cylindrophora albedinis*. Ainsi donc, du *C. albedinis* produit des microconidies *Cylindrophora* et des macroconidies *Fusarium;* les premières, en cultures monospores, peuvent donner du *Fusarium*, et les secondes, également en cultures monospores, peuvent à leur tout produire du *Cylindrophora*.

Nos observations dans la nature et ces expériences apportent donc la preuve :

1° que l'agent du bayoud appartient au cycle d'un *Fusarium* qu'il y a lieu de désigner sous le nom de *Fusarium albedinis* (Killian et Maire) Malençon;

2° que ce champignon produit sur les arbres malades des fructifications *externes*.

Ces deux faits absolument nouveaux dans l'étiologie du bayoud permettent de préciser la nature de cette maladie et ses moyens de propagation.

Quant à la place taxinomique exacte du *Fusarium albedinis* nob., s'il est incontestable qu'il se range dans la Section *Elegans* de Wollenweber, de nouvelles recherches sont nécessaires pour préciser s'il faut le placer dans l'une ou l'autre des sous-sections *Oxysporum* ou *Constrictum*. Il se rapproche

du *Fusarium vasinfectum* par sa morphologie mais, à l'encontre de celui-ci qui se transmet dans les plantes par la voie radiculaire, il pénètre les dattiers par les blessures faites aux palmes et ne semble pas emprunter le sol pour se propager. C'est donc vraisemblablement une espèce bien autonome, biologiquement parlant.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la répartition du calcium et du magnésium dans les organes du chien.* Note (¹) de Mme **Barthélemy** et **M. R. Wolff**, présentée par M. A. Desgrez.

L'étude de la composition minérale des tissus a montré, depuis fort longtemps, que le calcium et le magnésium existent dans toutes les cellules animales et végétales. Ces deux éléments font donc partie des constituants fondamentaux de la cellule.

Or les notions qu'on possède actuellement sur l'action physiologique des sels de calcium et de magnésium, mis en contact avec les tissus, doivent faire admettre que ces mêmes éléments, à l'état de constituants cellulaires, exercent des actions analogues et qu'ils contribuent, en particulier, à déterminer quelques caractères généraux des tissus tels que l'imbibition et la perméabilité.

Si une telle conception est exacte, les caractères permanents des tissus, liés à ces deux ions, doivent se traduire par des proportions définies de calcium et de magnésium, fixées par les tissus et différant d'un tissu à l'autre.

Ce travail constitue donc un essai d'application aux matières minérales de la notion des *constantes cellulaires* établie pour la première fois par A. Mayer et G. Schaeffer (²).

Dans ce travail, nous avons essayé de répondre aux questions suivantes : 1° quelle est, à l'état normal, chez le chien, la teneur moyenne en calcium et en magnésium des organes, et quelle est l'importance des variations individuelles? 2° existe-t-il un rapport entre le taux de ces éléments et certaines constantes cellulaires telles que l'imbibition?

La littérature ne fournit pas de données suffisantes pour répondre à ces questions. A part quelques travaux qui n'ont trait qu'à un seul organe, un

(¹) Séance du 4 avril 1934.
(²) *Journ. Phys. et Path.*, 16, 1914, p. 1-16 et 203-211.

travail (¹) nous fournit des données relatives au calcium et au magnésium tissulaire dans les organes de deux chiens. Ces analyses sont cependant discutables, ayant été pratiquées après lavage de tout l'appareil circulatoire au sérum physiologique. Elles n'ont, d'autre part, porté que sur un nombre insuffisant d'animaux. Nous avons donc nous-mêmes effectué un certain nombre de dosages.

Les expériences ont été pratiquées sur cinq chiens dont les organes furent prélevés après saignée à blanc et les analyses effectuées à l'aide d'une technique microanalytique qui a été décrite dans un autre Recueil (²).

*Teneur en calcium et en magnésium des organes du chien* (en mg)
(Moyennes de cinq chiens).

| Organe. | Imbibition. | Pour 100g frais. | | Pour 100g secs. | | Ca/Mg. | Écarts moyens pour 100g secs. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ca. | Mg. | Ca. | Mg. | | Ca. | Mg. |
| | | mg | mg | mg | mg | | % | % |
| Poumon...... | 375 | 14,12 | 11,95 | 67,47 | 56,92 | 1,186 | 18 | 18,63 |
| Pancréas..... | 275 | 13,0 | 22,6 | 48,65 | 84,71 | 0,574 | 4,3 | 17,9 |
| Muscle....... | 285 | 5,02 | 27,09 | 19,36 | 104,10 | 0,186 | 6,92 | 7,59 |
| Rate......... | 339 | 6,97 | 18,86 | 31,75 | 84,41 | 0,376 | 11,05 | 2,41 |
| Rein......... | 364 | 15,37 | 15,20 | 72,09 | 69,61 | 1,035 | 32,8 | 18,5 |
| Foie......... | 228 | 4,14 | 19,87 | 13,36 | 64,45 | 0,207 | 4,86 | 16,3 |

L'examen de ce tableau permet de faire les constatations suivantes :

1° Les teneurs en calcium et en magnésium sont assez variables d'un organe à l'autre. On peut classer les organes, suivant leur teneur décroissante en Ca et Mg, dans l'ordre suivant : Calcium : rein, poumon, pancréas, rate, muscle, foie; Magnésium : muscle, pancréas, foie, rate, rein, poumon. En comparant ces deux séries, on constate qu'il existe, dans une certaine mesure, un balancement entre le calcium et le magnésium.

Les teneurs en Ca et Mg des organes étudiés présentent des variations individuelles qui diffèrent d'un organe à l'autre. Ces écarts, sauf pour le rein, étant relativement faibles, on peut conclure que, dans les limites données et à l'état normal, le calcium et le magnésium existent dans les autres organes suivant des proportions bien définies et constituent des constantes cellulaires caractéristiques de chaque organe.

(¹) ALOY, *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 601.

(²) WOLFF, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 15, 1933, p. 814; WOLFF et M. TRAIN, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 15, 1933, p. 820.

2° Comme il est à prévoir que le calcium et le magnésium jouent un rôle dans l'équilibre osmotique des tissus, il était intéressant d'établir le rapport entre le taux du calcium, du magnésium et l'imbibition tissulaire. Ce rapport nous est fourni par la concentration moléculaire de ces deux éléments dans l'eau d'imbibition. Les résultats montrent que, si les concentrations de ces deux éléments, pris séparément sont assez variables, la concentration moléculaire globale varie dans des limites plus étroites. Voici les résultats que donne ce calcul : rein : $0,495 + 0,797 = 1,29$; poumon : $0,45 + 0,632 = 1,08$; pancréas : $0,44 + 1,28 = 1,72$; rate : $0,235 + 1,03 = 1,26$; muscle : $0,17 + 1,52 = 1,69$; foie : $0,14 + 1,18 = 1,32$. Ainsi, pour des organes aussi différents que le rein, le poumon, la rate et le foie, la concentration moléculaire globale des éléments bivalents est relativement constante. On peut donc admettre que ces deux éléments exercent une action importante sur l'imbibition des tissus.

La séance est levée à 15h35m.

E. P.



# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 16 AVRIL 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Mieczyslaw Centnerszwer**, professeur à l'Université de Varsovie, membre de l'Académie de Pologne, qui assiste à la séance.

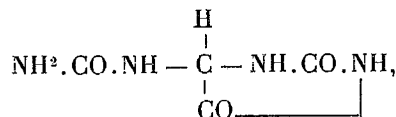
M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 196 (janvier-juin 1933) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Émile Picard** dépose sur le Bureau un *Catalogue de l'Observatoire d'Abbadia*. Ce catalogue est le cinquième d'une série commencée en 1923; il porte sur 1275 étoiles, dont 669 fondamentales, comprises entre les déclinaisons extrêmes $+45°$ et $-26°$, observées en 1928, 1929, réduites à 1925,0. Il est le résumé de 11832 observations en Æ (faites à l'instrument méridien, à peu près toutes à 7 fils), et de 11904 observations en Décl. (faites à 4 microscopes).

Une Note, insérée au début de ce volume, rappelle la carrière du Père Verschaffel, correspondant de l'Académie, décédé le 24 janvier 1933, qui fut le premier Directeur de l'Observatoire de l'Académie; on lui doit le prototype des chronographes imprimants maintenant utilisés dans le monde entier.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Allantoïne lévogyre* (¹).
Note de MM. **R. Fosse**, **P.-E. Thomas** et **P. de Graeve.**

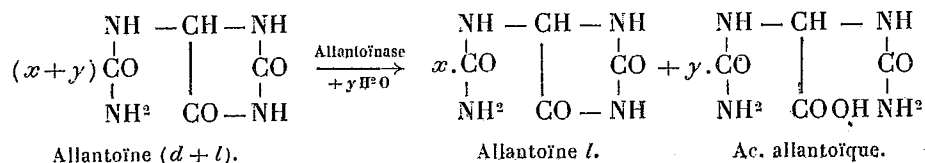
1. Malgré la présence d'un atome de carbone asymétrique dans sa molécule



l'allantoïne, naturelle ou synthétique, n'était connue, avant nos recherches, que sous une seule forme optiquement inactive et l'on n'avait pu réussir à la scinder en l'un ou l'autre de ses isomères actifs exigés par la théorie.

Cet uréide à l'état lévogyre apparaît, ainsi que nous l'avons démontré, lorsque l'allantoïne inactive, prétendue indédoublable, est soumise à l'action de l'allantoïnase du *soja*.

Sous l'influence de son ferment hydratant spécifique, l'allantoïne se comporte comme une combinaison racémique. Par suite de sa plus grande vitesse de transformation fermentaire en acide allantoïque, le composant dextrogyre disparaît plus vite que le lévogyre, ce qui permet d'isoler ce dernier :



2. L'allantoïnase n'existant pas seulement chez les végétaux mais aussi dans certaines classes d'animaux (batraciens, poissons, crustacés, échinodermes), nous avons été conduits à chercher si ce ferment pris chez les poissons se comporte comme celui des végétaux, vis-à-vis de l'allantoïne racémique.

L'expérience démontre que l'allantoïne lévogyre se forme et peut être isolée dans les deux cas.

Action du foie de raie sur l'allantoïne. — *Préparation de l'allantoïnase.* — Broyer à l'appareil Latapie le foie frais; le délayer avec son poids d'eau; agiter le mélange avec cinq fois son volume d'alcool à 96°; laisser déposer

(¹) R. Fosse, P.-E. Thomas et P. de Graeve, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 689.

les débris cellulaires, décanter et centrifuger la partie surnageante; laver le dépôt obtenu à l'éther jusqu'à obtention d'un liquide incolore; le produit séché dans le vide et broyé transforme avec intensité l'allantoïne en acide allantoïque.

*Fermentation.* — Placer au bain d'eau à 40° dans deux séries de vases bouchés les milieux suivants.

| | Expériences. | Témoins. |
|---|---|---|
| Solution d'allantoïne à 1 pour 100......... | $50^{cm^3}$ | – |
| Eau................................. | – | $50^{cm^3}$ |
| Préparation fermentaire.................. | $0^g,50$ | $0^g,50$ |
| Sesquicarbonate d'ammonium............. | $0^g,1$ | $0^g,1$ |
| Chloroforme.......................... | + | + |

Procéder à l'examen polarimétrique des deux milieux après des durées variables de fermentation; déféquer par l'acétate basique de plomb, centrifuger, chasser le plomb par $H^2S$ et ce gaz par courant d'air; déterminer la rotation des liquides limpides dans un tube de $5^{dm}$. Alors que la déviation des témoins reste constante et voisine de $+8'$, celle des expériences va en croissant pour atteindre un maximum d'environ $-1°12'$ après 3 et 4 heures; d'où une déviation totale d'environ $-1°20'$.

*Isolement de l'allantoïne lévogyre.* — Placer au bain d'eau à 40° pendant 4 heures, $1000^{cm^3}$ du milieu d'expérience; déféquer par 1/20ᵉ de sous-acétate de plomb; éliminer le plomb par $H^2S$ et ce réactif par courant d'air; ajouter au liquide obtenu une fois et demi son volume de réactif acétate de mercure-sodium de Wiechowski; après 2 heures à la glacière recueillir par centrifugation le dépôt mercurique; le laver trois fois à l'eau; le délayer dans l'eau ($150^{cm^3}$); le décomposer par $H^2S$; filtrer; chasser ce gaz; aciduler légèrement par l'acide acétique ($2^{cm^3}$); évaporer à sec dans le vide; épuiser par de l'eau acétique (20°); filtrer et laisser cristalliser dans la glace. Après plusieurs cristallisations dans l'eau acétique dans les mêmes conditions, contrôlées par des examens polarimétriques, faire cristalliser une dernière fois dans l'eau pure.

3. Racémisation de l'allantoïne lévogyre. — La transformation de l'allantoïne lévogyre en composé racémique se produit très facilement en milieu alcalin à la température ordinaire. Elle a lieu aussi en milieu neutre à 100°. Elle est beaucoup plus lente à cette température si la solution est rendue faiblement acide.

1° *Milieu neutre.* — Placer en tubes scellés, au bain-marie, à 100°, l'allantoïne lévogyre ($0^g100$), l'eau ($20^{cm^3}$). Après 30 minutes le pouvoir rotatoire a disparu, avec formation d'acide glyoxylique correspondant à

environ 1 pour 100 de l'allantoïne. Le tube refroidi abandonne les cristaux d'allantoïne racémique.

2° *Milieu alcalin.* — Une solution équimoléculaire d'allantoïne lévogyre ($14^g$ par litre) et de potasse, dévie la lumière polarisée de — 2°,50 (tube de $2^{dm}$). La déviation n'est plus que de — 5′ après 3 heures 30 minutes à la température ordinaire. La liqueur neutralisée abandonne des cristaux d'allantoïne racémique. On constate la formation d'environ 8 pour 100 d'acide allantoïque.

3° *Milieu acide.* — Une solution contenant $0^g,103$ d'allantoïne *l* dans $20^{cm^3}$ d'HCl N/100 dévie de — 1°,3. Après 30 minutes à 100°, en tube scellé, la déviation est encore de — 1°, ce qui représente une perte d'allantoïne lévogyre de 5 pour 100 seulement.

L'allantoïne levogyre représente donc, comme d'ailleurs son isomère dextrogyre inconnu, non encore isolé, un produit intermédiaire de la fermentation de l'allantoïne sous l'influence de l'allantoïnase d'origine végétale (*soja hispida*) ou animale (*raja clavata*).

M. **G. Perrier** fait hommage à l'Académie du *Traité de Géodésie* de M. P. Tardi, dont il a écrit la Préface.

M. **J. Schokalsky**, par l'organe de M. **G. Perrier**, fait hommage à l'Académie de son Ouvrage *Océanographie physique* (en langue russe).

## NOMINATIONS.

MM. **A. d'Arsonval** et **M. de Broglie** sont désignés pour représenter l'Académie au premier *Congrès international d'Électro-radiobiologie* qui se tiendra à Venise en septembre 1934.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Royaume de Belgique. Ministère des Colonies. *Carte géologique du Congo Belge* à l'échelle du 500000e. *Région de Watsa* (feuilles n° 14, n° 7 et n° 15).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'interpolation par fonctions rationnelles.* Note de M. **J.-L. Walsh**, présentée par M. Hadamard.

Je veux démontrer ici le théorème suivant :

*Soient* $C_1$ *et* $C_2$ *deux contours analytiques du plan des* $z$ *sans points communs, soit* $C_2$ *à l'intérieur de* $C_1$. *Soit* $U(x, y)$ *la fonction harmonique dans le domaine* $C$ *entre* $C_1$ *et* $C_2$, *qui prend la valeur nulle sur* $C_1$ *et la valeur* un *sur* $C_2$. *Alors il existe des points* $\alpha_{1n}, \alpha_{2n}, \ldots, \alpha_{nn}$ $(n = 0, 1, \ldots)$ *sur* $C_1$ *et des points* $\beta_{1n}, \beta_{2n}, \ldots, \beta_{n+1,n}$ *sur* $C_2$ *de sorte que*

$$(1) \qquad \lim_{n \to \infty} \left| \frac{(z-\beta_{1n})(z-\beta_{2n})\ldots(z-\beta_{n+1,n})}{(z-\alpha_{1n})(z-\alpha_{2n})\ldots(z-\alpha_{nn})} \right|^{\frac{1}{n}} = \operatorname{Exp}\left[-\frac{2\pi}{\tau} U(x, y)\right]$$

$$(\tau \text{ constant}),$$

*uniformément sur un ensemble fermé quelconque à l'intérieur de* $C$.

*Il s'ensuit de* (1) *que toute fonction* $f(z)$ *analytique à l'intérieur du contour* $C_\mu : U(x, y) = \mu$, $0 < \mu < 1$, *peut s'y développer (c'est-à-dire à l'intérieur de* $C_\mu$) *en une suite de fonctions rationnelles de la forme*

$$r_n(z) = \frac{b_0 z^n + b_1 z^{n-1} + \ldots + b_n}{(z-\alpha_{1n})(z-\alpha_{2n})\ldots(z-\alpha_{nn})}.$$

*La fonction* $r_n(z)$ *est uniquement déterminée par interpolation de la fonction* $f(z)$ *aux points* $\beta_{kn}$. *La suite* $r_n(z)$ *converge uniformément vers* $f(z)$ *sur tout ensemble fermé à l'intérieur de* $C_\mu$.

L'idée de faire intervenir une fonction harmonique est due, dans le cas de l'interpolation par *polynomes*, à M. Hilbert (1897) et à M. Fejér (1918).

On part de la formule bien connue ($\nu$ = normale extérieure)

$$U(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{C_1 - C_2} \left( U \frac{\partial \log r}{\partial \nu} - \log r \frac{\partial U}{\partial \nu} \right) ds = \frac{-1}{2\pi} \int_{C_1 - C_2} \log r \frac{\partial U}{\partial \nu} ds,$$

$$r^2 = (x - x')^2 + (y - y')^2, \qquad (x, y) \text{ sur } C,$$

où l'intégration se fait dans le sens *positif* sur $C_1$ et $C_2$.

Introduisons la variable nouvelle $\sigma$, $d\sigma = -\partial U / \partial \nu \, ds$; ceci est possible, car $\partial U / \partial \nu < 0$ sur $C_1$ et $\partial U / \partial \nu > 0$ sur $C_2$. On a

$$\int_{C_1} d\sigma = -\int_{C_2} d\sigma = \tau > 0,$$

et l'on pose $0 \leqq \sigma \leqq \tau$ sur $C_1$, $\tau \leqq \sigma \leqq 2\tau$ sur $C_2$. On trouve

$$(2)\quad U(x, y) = \frac{1}{2\pi}\int_{C_1-C_2} \log r \, d\sigma = \frac{1}{2\pi}\lim_{n\to\infty} \frac{\log r_{1n} + \log r_{2n} + \ldots + \log r_{nn}}{n}\tau - \frac{1}{2\pi}\lim_{n\to\infty} \frac{\log \rho_{1n} + \log \rho_{2n} + \ldots + \log \rho_{n+1,n}}{n}\tau,$$

où $r_{kn} = |z - \alpha_{kn}|$ correspond au point $\alpha_{kn}$ : $\sigma = k\tau/n$ sur $C_1$ et $\beta_{kn} = |z - \beta_{kn}|$ correspond au point $\beta_{kn}$ : $\sigma = k\tau/(n+1)$ sur $C_2$. L'équation (2) peut s'écrire dans la forme (1) et la convergence est uniforme.

La convergence de la suite $r_n(z)$ résulte de la formule ($\mu' > \mu$)

$$f(z) - r_n(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{C_{\mu'}} \frac{(z - \beta_{1n})\ldots(z - \beta_{n+1,n})(t - \alpha_{1n})\ldots(t - \alpha_{nn}) f(t)\, dt}{(t - \beta_{1n})\ldots(t - \beta_{n+1,n})(z - \alpha_{1n})\ldots(z - \alpha_{nn})(t - z)},$$

$z$ à l'intérieur de $C_{\mu'}$.

On se sert de (1) avec $z$ sur $C_{\mu''}$ : $U(x, y) = \mu'' > \mu' > \mu$, et de (1) avec $z$ remplacé par $t$, et $t$ sur $C_{\mu'}$ : $U(x, y) = \mu'$. La convergence uniforme des $r_n(z)$ sur $C_{\mu''}$ est immédiate.

Notre théorème s'étend facilement au cas d'un domaine C limité par plus de deux contours, analytiques ou non, même au cas de plusieurs domaines de cette nature, et la suite $r_n(z)$ peut se remplacer par une série d'interpolation

$$f(z) = a_0 + a_1 \frac{z - \beta_1}{z - \alpha_1} + a_2 \frac{(z - \beta_1)(z - \beta_2)}{(z - \alpha_1)(z - \alpha_2)} + \ldots.$$

On peut aussi prendre pour point de départ non plus le domaine (ou les domaines) C, mais une fonction harmonique ou plusieurs fonctions harmoniques. On retrouve les séries de Taylor, de Jacobi, etc.

MÉCANIQUE. — *Sur une loi proposée pour compléter les lois du frottement.* Note (¹) de M. **R. Mazet**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai montré (²) comment l'adoption d'une condition supplémentaire *répondant au caractère essentiellement passif du frottement* permettait de résoudre très simplement le cas d'indétermination bien connu sous le nom de *paradoxe de Painlevé*.

(¹) Séance du 9 avril 1934.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 986. Le Mémoire annoncé à la fin de cette Note a été publié dans *Science et Industrie*, 16, 1932, p. 241-244 et 292-296.

Dans cette Note, je n'envisageais que le cas du mouvement plan. Je me propose maintenant d'énoncer les résultats relatifs au cas général, c'est-à-dire au mouvement d'un solide quelconque en contact à $t_0$ avec un obstacle également quelconque et animé de vitesses initiales compatibles avec ce contact. Toutefois je conserverai les hypothèses du début de la Note précitée.

La condition supplémentaire, que j'appellerai *loi de passivité*, s'énonce ainsi : *En aucun cas, une augmentation de la rugosité ne favorise le glissement.* Elle s'exprime par l'inégalité suivante, $f$ désignant le coefficient de frottement et $\overrightarrow{W}$ la vitesse de glissement à l'instant $t$ :

$$\frac{\partial}{\partial f}\left(\vec{W}\cdot\frac{d\vec{W}}{dt}\right) \leqq 0,$$

la dérivée partielle étant prise *en laissant* $\overrightarrow{W}$ *constant.*

A $t_0$ on peut l'écrire,

$$\frac{\partial}{\partial f}(\vec{w}_0 . \vec{W}'_0) \leqq 0,$$

$\vec{w}_0$ désignant le vecteur-unitaire (donné) de $\overrightarrow{W}_0$ et $\overrightarrow{W}'_0$ l'accélération initiale de glissement qui dépend (entre autres) de $\vec{w}_0$, de la grandeur $W_0$ de $\overrightarrow{W}_0$ et de $f$.

Si $W_0 = 0$, la condition subsiste à la limite, $\vec{w}_0$ *étant donné et quelconque.*

Mais, en outre, elle doit être remplie si un glissement spontané prend naissance *dans une direction* a priori *inconnue et dépendant de $f$.* Dans ce cas (qui ne se présente pas lors du mouvement plan), $\vec{w}_0$ coïncide avec $\vec{w}'_0$, vecteur-unitaire (inconnu) de $\overrightarrow{W}'_0$, et $\overrightarrow{W}'_0$ dépend de $f$ non seulement directement (comme ci-dessus), mais encore *par l'intermédiaire de* $\vec{w}'_0$.

J'appellerai cette dernière condition *loi de passivité composée.*

Ces deux lois, une fois admises, permettent, dans les cas d'indétermination, de rejeter certaines solutions considérées jusqu'à présent comme acceptables. *Elles sont toujours vérifiées dans les cas de détermination unique.*

La discussion se fait aisément par une méthode très semblable à celle d'Et. Delassus [1]. Bornons-nous à l'esquisser en écrivant, par exemple, les

---

[1] *Bull. de la Soc. math.*, 51, 1923, p. 22-33.

conditions pour que le glissement soit possible lorsque $W_0 = 0$ : soient

$$\Theta(x, y, z) \equiv \mathcal{A}x^2 + \mathcal{B}y^2 + \mathcal{C}z^2 + 2\mathcal{D}yz + 2\mathcal{E}zx + 2\mathcal{F}xy = 1$$

l'équation de l'ellipsoïde de Pérès rapporté au trièdre fixe $Oxyz$ ($Oz$ : normale commune en O, point de contact à $t_0$, orientée vers l'extérieur de l'obstacle), $\vec{R}_1(X_1, Y_1, Z_1)$ la réaction fictive de roulement, $\vec{R}_0(X_0, Y_0, Z_0)$ la réaction véritable de glissement, ($u'_0$, $v'_0$, $w'_0 = 0$) les composantes de $\vec{W}'_0$. On sait que

$$u'_0 = \frac{\partial\Theta}{\partial x}, \qquad v'_0 = \frac{\partial\Theta}{\partial y}, \qquad w'_0 = \frac{\partial\Theta}{\partial z},$$

où l'on remplace $x, y, z$ par $X_0 - X_1$, $Y_0 - Y_1$, $Z_0 - Z_1$; d'où les équations

$$\frac{\mathcal{A}X_0 + \mathcal{F}Y_0 + \mathcal{E}Z_0 - \mathcal{L}}{X_0} = \frac{\mathcal{F}X_0 + \mathcal{B}Y_0 + \mathcal{D}Z_0 - \mathcal{M}}{Y_0} = -\sigma,$$
$$\mathcal{E}X_0 + \mathcal{D}Y_0 + \mathcal{C}Z_0 = \mathcal{N},$$
$$X_0^2 + Y_0^2 = f^2 Z_0^2,$$

en posant

$$\mathcal{L} = \mathcal{A}X_1 + \mathcal{F}Y_1 + \mathcal{E}Z_1, \qquad \mathcal{M} = \mathcal{F}X_1 + \mathcal{B}Y_1 + \mathcal{D}Z_1, \qquad \mathcal{K} = \mathcal{E}X_1 + \mathcal{D}Y_1 + \mathcal{C}Z_1.$$

On en tire $X_0$, $Y_0$, $Z_0$ et l'inconnue auxiliaire $\sigma$ qui doivent désormais satisfaire aux inégalités suivantes :

$$\sigma > 0, \qquad Z_0 < 0.$$

*Loi de passivité :* $\mathcal{N} \geqq 0$.

*Loi de passivité composée :* $\partial/\partial f\,(f\sigma Z_0) \leqq 0$.

Géométriquement, la direction ($X_0$, $Y_0$, $Z_0$) s'obtient par l'intersection, dans un plan $t'O'y'$ parallèle à $Oz$, d'une hyperbole et d'une parabole *d'axes parallèles*, la parabole passant par le point ($X_1$, $Y_1$, $Z_1$). Les inégalités imposent :

1° que le point d'intersection soit dans un certain quadrant;

2° que la parabole tourne sa concavité vers les $z'$ positifs;

3° que, si l'angle des asymptotes de l'hyperbole se ferme, le point d'intersection se déplace dans le sens des $t'$ croissants.

La discussion complète, que je publierai ailleurs, laisse subsister les divers cas suivants :

$\alpha$. $W_0 \neq 0$. — Deux cas de détermination unique : échappement, glissement.

Deux cas d'indétermination : choc tangentiel, choc tangentiel ou échappement [1].

β. $W_0 = 0$. — Trois cas de détermination unique : échappement, glissement, roulement sans glissement.

Quatre cas d'indétermination : échappement ou roulement sans glissement, glissement ou roulement sans glissement, glissement (deux solutions), glissement (deux solutions) ou roulement sans glissement.

MÉCANIQUE. — *De l'impossibilité, sur l'espace à trois dimensions, de construire une mécanique rationnelle, permettant de représenter sûrement tous les phénomènes observables.* Note de M. **Jean Loiseau**, présentée par M. L. de Broglie.

L'une des hypothèses de la mécanique classique est que *les trajectoires, vitesses et forces agissant sur chaque élément de volume sont représentables sur un espace euclidien à trois dimensions.*

Nous allons montrer que cette hypothèse n'est pas satisfaisante.

Pour exécuter des expériences, et les rapporter les unes aux autres, nous établissons pratiquement une correspondance entre les éléments d'un espace abstrait $\mathcal{E}$, *choisi à l'avance* et les éléments physiques observés formant un ensemble P. Cette correspondance est une simple convention qui permet de représenter l'ensemble P sur $\mathcal{E}$.

Le groupe fondamental G, attaché à $\mathcal{E}$, permet de définir l'égalité de deux figures : deux figures F, F' sont égales lorsque l'on a $F' = TF$, T étant une transformation de G.

En physique, on dit que deux figures sont égales lorsque celles qui leur correspondent sur la carte sont égales. Le groupe utilisé en mécanique classique est le groupe euclidien à trois dimensions $E_3$, la carte est établie sur l'espace de Klein correspondant $E_3$, aux points physiques P correspondent les points de l'espace $E_3$ [2].

En chaque point de la trajectoire de l'élément physique nous choisissons un repère $R_{MP}$. Ce repère est indépendant du repère affecté à un autre élé-

[1] Dans ce cas, le glissement immédiat est en contradiction avec la loi de passivité; il ne peut se produire que *comme conséquence du choc tangentiel* qui modifie les données initiales.

[2] Cette convention pourrait facilement être modifiée.

ment M'. Pour établir la carte de la trajectoire de M, il suffit de supposer *a priori* les différents repères représentés sur la carte. On suppose habituellement que ces repères sont des trièdres trirectangles que l'on représente sur $E_3$ par des trièdres parallèles entre eux. La représentation des trajectoires ne conduit ainsi à aucune difficulté, elle peut se faire sur une infinité d'espaces à trois dimensions. Dans le repère $R_M$ il est possible de définir en M la vitesse relative $V_{rM}$ par rapport à $R_M$ et ceci sans difficulté. $V_{rM}$ étant un vecteur représentable sur $R_M$. Il n'en est plus de même s'il s'agit de représenter la vitesse absolue $\varphi_M$ de M sur $E_3$, vitesse absolue indispensable pour déterminer son accélération. En effet, pour y parvenir, il faudra d'une part choisir une loi de raccordement de $R_{M'}$ par rapport à $R_M$ (ce qui définit arbitrairement un espace à connexion euclidienne), et d'autre part définir la vitesse relative du repère $R_{M'}$ par rapport à $R_M$. Or cette vitesse n'est pas représentable sur $E_3$ car elle n'est pas dans l'espace tangent $R_M$ et les accélérations complémentaires ne sont pas nécessairement perpendiculaires à $R_M$. $\varphi_M$ et le repère $R_M$ définissent un espace euclidien à quatre dimensions dans lequel on pourra définir un repère $R'_M$ constitué par $R_M$ et la perpendiculaire à $R_M$ dans l'hyperplan $(R_M \varphi_M)$; c'est dans cet espace que se trouve la vitesse absolue et non nécessairement dans $R_M$ (1). *Il est donc impossible dans le cas général de représenter la vitesse d'un point sur un espace à trois dimensions euclidien;* il faut considérer les trajectoires absolues comme situées dans un espace à quatre dimensions $\mathcal{E}'$ dont $R'_M$ est l'espace tangent.

Les accélérations et les vitesses absolues en un point M sont dans l'espace $R'_M$ tangent à $\mathcal{E}'$ et exceptionnellement dans $R_M$ tangent à $\mathcal{E}_t$ lieu des points M à l'instant $t$ : ce qui est l'hypothèse très particulière de la mécanique classique.

Cette hypothèse est inadmissible *a priori* car il peut y avoir des accélérations définies expérimentalement que cette hypothèse empêche de repré-

(1) En cherchant à construire une mécanique sur une surface à deux dimensions de l'espace à trois dimensions euclidien, le résultat devient évident. En effet, l'accélération d'un point ne peut être définie, même si l'on se contente de chercher son déplacement à la surface, que si l'on se donne la rotation et la translation de l'élément superficiel qui ne sont pas en général dans le plan tangent et provoquent l'apparition d'accélérations complémentaires qui empêchent de faire une carte des trajectoires, vitesses absolues et accélérations sur un plan, à moins de considérer uniquement des mouvements tels que l'accélération complémentaire soit normale à la surface à tout instant.

senter. Mais cette hypothèse pourrait être adoptée *a posteriori* comme un résultat fourni par l'expérience.

Or le champ électromagnétique ne peut se représenter en mécanique classique [car il ne vérifie dans l'espace euclidien $E_3$, ni la loi de conservation de l'énergie, ni la loi de l'égalité de l'action et de la réaction ([1]), à l'opposé de ce qui a lieu sur l'espace $\mathcal{E}'$ à 4 dimensions], ce qui condamne même *a posteriori* l'hypothèse de la mécanique classique, comme d'ailleurs toute représentation sur l'espace-temps à 4 dimensions seulement.

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les phénomènes tourbillonnaires à l'aval d'une hélice aérienne.* Note ([2]) de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons poursuivi l'étude expérimentale de la configuration tourbillonnaire à l'aval d'une hélice aérienne ([3]) dans son fonctionnement en moulinet, c'est-à-dire en récepteur d'énergie. Voici les principaux résultats :

1° Le fonctionnement en moulinet est caractérisé comparativement au fonctionnement en hélice propulsive par un changement du sens d'enroulement des spirales de fumée; ce changement de sens correspond à un changement de signe de la circulation autour des tourbillons qui s'échappent des pales de l'hélice.

2° La loi de variation du pas réduit des tourbillons marginaux en fonction de $V/nD$ est encore linéaire; pour les hélices bipales que nous avons étudiées, la même droite représente cette loi dans le fonctionnement en hélice propulsive et en moulinet. Pour des hélices tripales, composées de pales identiques aux pales des hélices précédentes la droite exprimant cette variation dans les fonctionnements en moulinet semble avoir un coefficient angulaire légèrement supérieur à celui de la droite correspondant au fonctionnement en hélice propulsive.

3° Nous avons montré que la surface de révolution de courant qui s'appuie sur les extrémités des pales d'une hélice se rapproche de plus en plus d'un cylindre de révolution lorsque $V/nD$ augmente en se rapprochant du $V/nD$ de circulation nulle $\gamma_0$.

---

([1]) Voir L. Bloch, *Précis d'Électricité théorique*, 1919, p. 402-407.

([2]) Séance du 9 avril 1934.

([3]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1639; **197**, 1933, p. 514 et 612.

Dans le fonctionnement en moulinet, soit lorsque $V/nD$ augmente à partir de $\gamma_0$, la surface de courant marginale se contracte à nouveau. Dans le champ de notre observation (distance en aval de l'hélice égale à 1,3 D) la ligne moyenne des tourbillons marginaux s'enroule sur une surface de révolution que l'on peut, à une distance de l'hélice égale à son rayon, confondre avec un cône très légèrement ouvert vers l'aval; le rayon du parallèle le plus éloigné est toujours inférieur au rayon de l'hélice et décroît quand $V/nD$ croît.

4° L'observation des lignes d'émission entre le tourbillon marginal et le tourbillon du moyeu montre des coupures qui ne sont autres que les traces de cette ligne d'émission sur la couche de discontinuité qui s'échappe du bord de fuite des pales. On peut dire par analogie avec ce qui se passe près du tourbillon marginal que ces coupures matérialisent les sections successives des tourbillons hélicoïdaux qui s'échappent du bord de fuite des pales.

5° Par suite de la distribution de la vitesse le long de la pale ou encore de la traction, le pas de ces tourbillons va en croissant à partir du tourbillon marginal jusqu'à la région correspondant au maximum d'accroissement de pression totale, puis décroît ensuite jusqu'à redevenir égal au pas du tourbillon marginal sur le tourbillon du moyeu. Simultanément la circulation autour de ces tourbillons, qui reste toujours très faible comparativement à la circulation autour du tourbillon marginal, décroît, en gardant le même signe que celle autour du tourbillon marginal, du tourbillon marginal à la région du maximum d'accroissement de pression totale, et croît ensuite en changeant de signe, de cette région au tourbillon du moyeu.

6° Pour des valeurs de $V/nD$ voisines de $\gamma_0$ on constate dans tout le champ à l'aval de l'hélice la coexistence de deux systèmes de tourbillons de circulation de signe contraire avec prépondérance du système hélice ou moulinet selon qu'on est en deçà de $\gamma_0$ ou au delà de $\gamma_0$. Pour $V/nD = \gamma_0$ dans tout le champ, tous les tourbillons sont de pas égaux et en chaque point les tourbillons des deux systèmes ont des circulations égales en valeur absolue.

7° L'expression que nous avons donnée pour la circulation autour du tourbillon marginal et qui est déduite de nos mesures conduit aux résultats suivants : à circulation nulle le pas du tourbillon est égal au pas des hélices géométriques décrites par les points matériels de l'hélice. C'est ce que nous avons vérifié expérimentalement.

8° Nous avons réalisé un torsiomètre très sensible qui nous a permis de constater que le couple s'annule en même temps que la circulation.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le mécanisme du choc dans les moteurs à explosion*. Note de M. **Max Serruys**, présentée par M. E. Jouguet.

Dans une Note précédente, nous avons montré que le cognement pouvait se produire dans un moteur à explosion, même lorsqu'on réalise des conditions de température telles que toute trace de peroxydes devrait être éliminée. Dans ces conditions, la théorie dite des peroxydes n'apparaît plus comme suffisante pour justifier l'existence du choc dans les moteurs à essence, et il nous semble qu'il y a lieu de recourir à une autre explication.

A. L'hypothèse la plus simple serait évidemment d'admettre que, par suite de la pression et de la température de plus en plus élevées du milieu qu'elle aborde, la flamme se propage avec une vitesse constamment croissante, et qu'on passe ainsi progressivement de la simple déflagration au régime détonant; mais, d'une part, cette hypothèse serait contraire à la théorie mathématique de la propagation des flammes dans un mélange combustible et, d'autre part, les diagrammes que nous avons enregistrés avec notre manographe, aussi bien que les enregistrements photographiques obtenus, soit au laboratoire (Duchêne, Perkin, etc.), soit dans le moteur (Withrow), montrent clairement que la vitesse de la flamme reste modérée jusqu'au voisinage immédiat du choc. Celui-ci se présente, par conséquent, comme une sorte de discontinuité (ce qui est contraire à l'hypothèse).

B. D'autre part, nous avons montré qu'il se produit, en général, seulement vers la fin de la combustion et que, pour des essences de qualité courante (60 à 65 d'octane), la pression réalisée immédiatement avant le choc est (d'après nos diagrammes) pour les gaz non brûlés, de 25 à 30 kg/cm², pour un moteur normalement refroidi. En admettant une température moyenne de la charge gazeuse de 70° à la fin d'admission, un calcul simple montre alors que la température des gaz non brûlés immédiatement avant la détonation doit être de 625° environ.

Cette température correspond sensiblement à la deuxième température d'auto-allumage mentionnée par M. Dumanois dans ses Notes récentes et n'est pas très éloignée non plus des températures d'allumage spontané déterminées (à la pression atmosphérique) à l'aide de l'appareil More-Krupp, par exemple.

Nous sommes donc en état d'affirmer que *le choc se produit dans le*

*moteur au moment où les gaz non brûlés atteignent, dans leur eusemble, une température et une pression capables de produire leur combustion immédiate.* Faut-il, dès lors, supposer que toute la masse des gaz non brûlés se trouve ainsi allumée simultanément et brûle *en bloc* dans un temps très court? Non, car en thèse générale il n'est pas possible d'admettre l'homogénéité thermique de cette masse lorsqu'il s'agit d'un moteur où la disparité thermique est entretenue par la présence des gaz brûlés résiduels et les inégalités de température considérables qui existent entre les différentes régions des parois.

D'ailleurs, même dans les expériences effectuées dans des bombes uniformément chauffées, on a pu constater (enregistrements photographiques de M. Duchêne) que le mélange s'autoallumait souvent en un point à partir duquel se propage un nouveau front de flamme sans que la détonation s'ensuive forcément d'une manière immédiate.

C. Une autre hypothèse plausible consisterait à supposer que les radiations émises par la flamme deviendraient susceptibles de provoquer à distance l'inflammation totale et instantanée du mélange non brûlé lorsque celui-ci aurait atteint une température suffisamment élevée.

Nous avons tenté, pour vérifier cette hypothèse, l'expérience suivante :

Le moteur étant réglé à la limite inférieure du cognement, en sorte que celui-ci se manifeste d'une manière faible et sporadique, le flux lumineux d'une lampe à arc puissante a été brusquement introduit dans le moteur par une fenêtre en quartz, située à l'endroit où le choc avait tendance à se produire. Malgré la grande étendue du spectre émis et susceptible de traverser le quartz et son intensité (80000 lux), on n'a pu constater aucun accroissement du nombre, ni de l'intensité des détonations.

C'est pourquoi seule l'apparition du régime détonant (onde explosive découverte par Berthelot et Veille et dont l'étude mathématique complète a été réalisée par M. Jouguet), nous semble pouvoir expliquer la formation de l'onde de pression à front raide que nous avons enregistrée dans nos diagrammes. Seule aussi, l'existence de l'onde explosive explique que l'on n'ait jamais enregistré, à notre connaissance, de propagations de flammes déflagrantes après le choc.

Mais, dans l'onde explosive, la combustion se propage, comme on sait, par le moyen d'une onde de pression à front raide généralement très puissante. *Pour expliquer le choc, il faut donc montrer comment cette onde de pression a pu prendre naissance dans le moteur.*

*Observations de M.* **É. Jouguet** *à propos de la Note précédente.*

M. Serruys fait observer que l'hypothèse d'une déflagration passant *progressivement* à la détonation serait contraire à la théorie de la propagation des flammes. Effectivement, dans cette théorie, les détonations et les déflagrations constituent deux régimes bien séparés, et l'on peut assigner à la célérité des déflagrations des limites supérieures (de l'ordre de 200 et de 500 m/s pour le mélange d'hydrogène et d'air) même si la flamme se propage dans un milieu dont la température $T_0$ est très voisine de la température d'inflammation $\tau$. Il est vrai que la formule que j'ai donnée pour la célérité des déflagrations donne une valeur infinie pour $\tau = T_0$. Mais cette formule n'est qu'approchée (célérités lentes), et les limites supérieures dont je viens de parler restent toujours valables [1].

Par ailleurs, le régime de détonation qui apparaît dans les moteurs pourrait être une détonation incomplète, et non complète comme l'est l'onde explosive proprement dite. Mais s'il en était ainsi, les raisonnements de M. Serruys ne seraient pas troublés. Même incomplète, en effet, la détonation est caractérisée par une augmentation de pression [2], et c'est sur cette augmentation qu'est fondée la discussion de M. Serruys.

ASTRONOMIE. — *La pulsation des étoiles à volume ellipsoïdal constant et aplatissement variable.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les étoiles supergéantes, en se condensant en géantes suivant la loi des aires, c'est-à-dire en passant d'une densité de l'ordre de $10^{-8}$ à une densité de l'ordre de $10^{-5}$, ont leur volume à peu près sphérique primitif réduit à un volume ellipsoïdal. J'ai pu calculer que le protosoleil de rayon 62,3 ⊙, de densité $10^{-5}$, avait un aplatissement 0,384, avec une vitesse de 55 km/sec à l'équateur.

Par ailleurs, les mesures d'O. Struve et Schawn, par la largeur d'une des raies 4481 du magnésium ont donné pour les étoiles géantes des vitesses équatoriales considérables, en moyenne 60 km/sec et allant jusqu'à 200 km/sec,

---

(1) *Mécanique des explosifs*, p. 387 et 395, Paris 1917.

(2) *La Science aérienne*, , 1934, p. 148.

en sorte que ces étoiles ont une forme nécessairement ellipsoïdale et non sphérique.

Pour un ellipsoïde de révolution, la condition du volume constant s'exprimera par

(1) $$a^2 b = K.$$

Les surfaces apparentes dans la direction équatoriale (S) et dans la direction de l'axe (S′) seront

(2) $$S = ab = K : a,$$

(3) $$S' = a^2 = K : b.$$

Différentiant (1), (2), (3), on aura

(1)′ $$da = - db \frac{a}{2b},$$

(2)′ $$\frac{dS}{S} = - \frac{da}{a},$$

(3)′ $$\frac{dS'}{S'} = \frac{2da}{a}.$$

Pour une variation $da$ du rayon, $dS : S$ et $dS' : S'$ sont respectivement les variations relatives d'éclat (et par suite de magnitude) quand le rayon visuel est dans l'équateur ou dans la direction de l'axe.

Mais, en même temps que se produit une variation d'éclat, se produit aussi, dans les deux cas, une *variation du type stellaire*.

En effet, dans le cas du rayon visuel dans le plan équatorial, plus $a$ est grand, plus S est faible, plus la surface apparente est en moyenne loin du centre, ce qui correspond à une diminution de température pour le type stellaire.

Il en est de même dans le second cas où S′ diminue en même temps que $a$.

Considérons maintenant le cas général : $a_1$ $b_1$ étant les longueurs conjuguées dans l'ellipse perpendiculaire au rayon équatorial $a$, l'ellipse de contour apparent vue dans la direction $b_1$ aura pour surface $S'' = aa_1$ et l'on aura $S < S'' < S'$ puisque $b \leqq a_1 \leqq a$.

Il pourra alors arriver que $ds''$ soit nul, $da$ et $da_1$ étant de signe contraire.

Dans notre hypothèse, deux causes peuvent faire varier l'aplatissement de l'ellipsoïde stellaire :

1° Son choc sur une nébuleuse noire sans doute 100000 fois plus dense que les nébuleuses lumineuses : ce cas a été étudié par notre cosmogonie dualiste.

2° Dans la phase originelle des étoiles, elles résultent [1] du choc de deux nébuleuses produisant des tourbillons instables au point de vue de la gravitation qui les oblige à se condenser vers leur centre de gravité de telle sorte que les parties nord et sud du tourbillon viennent s'écraser sur le noyau stellaire.

Comparons notre théorie à celle où la pulsation est supposée à volumes sphériques variables : ce genre de pulsation ne peut être rapporté qu'à une cause interne explosive ou radioactive qui correspond à une consommation d'énergie rendant difficile l'explication de la constance de la période des Céphéides, alors que dans notre hypothèse la constance du volume correspond à une très faible dépense d'énergie. D'ailleurs, il est peu probable d'après ce qui précède que les étoiles géantes soient sphériques.

Pour $\delta$ de Céphée où la magnitude visuelle varie de 3,6 à 4,3 en $5^j,37$ et le spectre du type $F_0$ à $G_2$, Eddington donne une variation théorique du rayon de 6 pour 100, soit une variation de surface apparente de 12 pour 100 qui, dans notre hypothèse, se réduit à une variation du rayon de 10,7 pour 100.

ASTRONOMIE. — *Application aux étoiles* B *de deux méthodes d'étude de la rotation galactique*. Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Désignons par $x, y$ les coordonnées d'un point du plan galactique, et par $\vec{V}(X, Y)$ la vitesse moyenne des étoiles en ce point. Je dis que $\vec{V}$ est représentable par une rotation pure, si ce vecteur est la somme d'un vecteur constant $(X_0, Y_0)$ et d'un vecteur $\vec{V}'$ représentant une rotation autour d'un point $\omega(x_0, y_0)$ avec une vitesse fonction seulement de la distance à $\omega$. J'ai cherché si les vitesses des étoiles B sont représentables par une rotation pure.

2. En écrivant que $\vec{V}$ est perpendiculaire à la droite qui joint son point d'application à $\omega$, on a l'équation

$$(1) \qquad \Theta = Xx + Yy = x_0X + y_0Y + X_0x + Y_0y - (X_0x_0 + Y_0y_0).$$

Chaque vecteur $\vec{V}$ donne une équation de cette nature où $x_0, y_0, X_0, Y_0$ sont les inconnues. J'ai fait une application numérique aux vecteurs $\vec{V}$ cal-

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1321.

culés en 49 points du plan galactique par M. Pierre Guintini et moi-même (¹); l'ensemble des équations (1) traitées par la méthode des moindres carrés donne

$$(2)\quad \begin{cases} x_0 = -100 \mp 26, & y_0 = +103 \mp 24, \\ X_0 = -14{,}0 \mp 0{,}9, & Y_0 = -6{,}5 \mp 0{,}8, \\ X_0 x_0 + Y_0 y_0 = +770 \mp 454. \end{cases}$$

Les unités sont le parsec et le km/sec⁻¹.

3. Soit R la distance d'un point à ω, on peut admettre que dans le voisinage du Soleil la grandeur du vecteur V' est représentable par une formule telle que

$$R\,V'(R) = u + v R^2 + w R^4.$$

Si l'on remplace dans cette identité V' et R par leurs valeurs, on obtient l'équation

$$(3)\quad \begin{aligned} \Gamma = Yx - Xy = {} & u + vR_0^2 + wR_0^4 + Y_0 x_0 - X_0 y_0 \\ & - x(Y_0 + 2v x_0 + 4w x_0 R_0^2) \\ & - y(-X_0 + 2v y_0 + 4w y_0 R_0^2) \\ & + x^2(v + 6w x_0^2 + 2w y_0^2) + 8w x_0 y_0 xy \\ & + y^2(v + 6w y_0^2 + 2w x_0^2) \\ & - 4w x_0 x^3 - 4w y_0 x^2 y - 4w x_0 x y^2 - 4w y_0 y^3 \\ & - y_0 X + x_0 Y + w x^4 + 2w x^2 y^2 + w y^4, \end{aligned}$$

où $R_0$ désigne la distance de ω au Soleil.

Il vient donc à l'idée de former en chacun des 49 points cités au paragraphe 2 l'équation (3) et de déterminer les coefficients du développement de Γ suivant les puissances de $x$, $y$, jusqu'aux termes du quatrième degré et en ajoutant des termes linéaires en X, Y. On a ainsi un système à quinze inconnues qui donne, par la méthode des moindres carrés,

$$(4)\quad \begin{aligned} \Gamma = {} & -13{,}50_{\pm 2,81}\cdot 10^2 - 2{,}42_{\pm 0,88}\,x + 19{,}85_{\pm 1,01}\,y - 0{,}29_{\pm 0,86}\cdot 10^{-2} x^2 \\ & - 1{,}66_{\pm 0,30}\cdot 10^{-2} xy - 3{,}74_{\pm 0,58}\cdot 10^{-2} y^2 - 0{,}53_{\pm 0,13}\cdot 10^{-4} x^3 \\ & - 0{,}18_{\pm 0,26}\cdot 10^{-4} x^2 y - 1{,}08_{\pm 0,12}\,xy^2 - 1{,}59_{\pm 0,17}\cdot 10^{-4} y^3 \\ & - 0{,}56_{\pm 0,19}\cdot 10^2 X - 0{,}77_{\pm 0,21}\cdot 10^2 Y - 0{,}18_{\pm 0,08}\cdot 10^{-6} x^4 \\ & + 0{,}35_{\pm 0,1}\cdot 10^{-6} x^2 y^2 + 0{,}13_{\pm 0,06}\cdot 10^{-6} y^4. \end{aligned}$$

Les termes en X, Y donnent :

$$(5)\quad x_0 = -77_{\pm 21}, \qquad y_0 = +56_{\pm 10}.$$

---

(¹) *Bulletin astronomique*, 7, v, 1932, p. 235, tableau I.

Les valeurs (2) et (5) trouvées pour les coordonnées de $\omega$ ne correspondent pas à un centre de rotation possible (longitude 144°), j'en conclus que le vecteur $\overrightarrow{V}$ n'est pas représentable par une rotation pure.

4. En adoptant 330° pour la longitude du centre et $R_0 = 10000$ parsecs, on peut chercher à tirer $u$, $v$, $w$ des coefficients de (4), on a ainsi :

$$(6)\quad \begin{cases} u = -3,13.10^6, \quad v = -4,44.10^{-2}, \quad w = +0,48_{\pm 0,10}.10^{-10}, \\ X_0 = +368_{\pm 39}, \quad Y_0 = +606. \end{cases}$$

Les valeurs (6) sont toutes trop élevées et confirment la conclusion du paragraphe 3 : $\overrightarrow{V}$ n'est pas représentable par une rotation pure; je montrerai dans une prochaine Note comment on peut extraire une rotation pure du vecteur $\overrightarrow{V}$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'extrême indétermination de certaines propagations liées à l'équation de Schrödinger.* Note [1] de M. **A. Buhl.**

Si l'on veut bien se reporter à des publications déjà faites [2], on peut partir maintenant de l'équation fondamentale

$$(1)\quad \frac{1}{\Theta(x,y,z)\sqrt{\Phi_x^2+\Phi_y^2+\Phi_z^2}} \begin{vmatrix} \Phi_x & \Phi_y & \Phi_z \\ P_x & P_y & P_z \\ Q_x & Q_y & Q_z \end{vmatrix} = \Psi(\Phi, P, Q).$$

Celle-ci suppose un espace à canaux $P = \text{const.}$, $Q = \text{const.}$ et des surfaces propagatrices transversales S d'équation $\Phi = 0$. Le second membre $\Psi$ est d'une construction déjà très indéterminée; $\Psi$ est une fonction analytique ou non, voire une fonctionnelle simplement assujettie à se réduire, pour $\Phi = 0$, à une expression $\Psi_0(P, Q)$ donnant un sens à l'intégrale

$$(2)\quad \int\!\!\int_S \Theta\, dS = \int\!\!\int_\sigma \begin{vmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ P_x & P_y & P_z \\ Q_x & Q_y & Q_z \end{vmatrix} \frac{d\sigma}{\Psi_0(P,Q)}.$$

Ainsi, il peut y avoir, en (1), des équations aux dérivées partielles de tous les ordres et même d'ordre infini.

Ce sont les intégrales (2), en $\Theta\, dS$, qui se propagent transversalement

---

[1] Séance du 9 avril 1934.

[2] *Mém. Sc. mathématiques*, fasc. 62, et *Mém. Sc. physiques*, fasc. 22.

dans les canaux, sur des cloisons S, en général non raccordées de canal à canal voisin. La cloison $\sigma$ est une projection *canale* quelconque de S.

Soit maintenant

$$F\,dx + G\,dy + H\,dz = \frac{1}{\Psi_0(P, Q)}\begin{vmatrix} dx & dy & dz \\ P_x & P_y & P_z \\ Q_x & Q_y & Q_z \end{vmatrix} = u^2 d\frac{v}{u},$$

ce qui donne, quant aux deux premiers membres, l'équation essentielle de la Physique théorique

$$(3) \qquad \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} + \frac{\partial H}{\partial z} = 0$$

et, ce qui est possible, quant au troisième, si

$$(4) \qquad \begin{vmatrix} P_yQ_z - P_zQ_y & P_zQ_x - P_xQ_z & P_xQ_y - P_yQ_x \\ \dfrac{\partial}{\partial x} & \dfrac{\partial}{\partial y} & \dfrac{\partial}{\partial z} \\ P_yQ_z - P_zQ_y & P_zQ_x - P_xQ_z & P_xQ_y - P_yQ_x \end{vmatrix} = 0.$$

Alors

$$F = uv_x - vu_x, \qquad G = uv_y - vu_y, \qquad H = uv_z - vu_z$$

et (3) donne $u\,\Delta v = v\,\Delta u$, d'où

$$\frac{\Delta u}{u} = \frac{\Delta v}{v} = -\Omega(x, y, z).$$

Ainsi, $u$ et $v$ sont solutions de l'équation de Schrödinger

$$\Delta f + \Omega f = 0.$$

Mais, pour aboutir à ce résultat, les trois fonctions $\Phi$, P, Q n'ont été assujetties ici qu'aux deux équations (1) et (4), l'équation (1) comportant déjà l'indétermination de $\Psi$ indiquée tout à l'heure. A tout cela peuvent correspondre des propagations géométriques des plus diverses et même des propagations *agéométriques* que nous ne pouvons nous représenter. Ainsi, outre les ensembles de discontinuités des surfaces S, il peut arriver que ces surfaces présentent des régions continues mais sans plans tangents déterminables, les $\Phi_x$, $\Phi_y$, $\Phi_z$ qui figurent dans (1) pouvant posséder, en ces régions, des ensembles de singularités. C'est un renouvellement, plus complexe, de ce qui se passe, dans le plan et en coordonnées polaires, avec les trajectoires isométriques $ds = a\,d\theta$. L'impossibilité, où l'on sera souvent, de se représenter les $d$S, bien que ces $d$S puissent donner un sens à l'intégrale (2), me paraît comparable à l'impossibilité physique d'attribuer une *forme* aux corpuscules ultimes.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la forme tensorielle de la mécanique ondulatoire.* Note (1) de M. **R. Zaïcoff**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous choisirons la coordonnée $x^4$ imaginaire. Soient alors $\mathfrak{A}^{\cdot\mu\nu}_{\sigma\tau\cdot}$ un tenseur complexe et $\widetilde{\mathfrak{A}}^{\cdot\mu\nu}_{\sigma\tau\cdot}$ son conjugué complexe, où l'on ne change pas les unités imaginaires, incluses dans les indices 4. $\mathfrak{A}_{\mu\nu}$ désignant un tenseur à symétrie gauche, alors son complément duel $^*\mathfrak{A}^{\sigma\tau}$ est donné par

$$(1)\qquad {}^*\mathfrak{A}^{\sigma\tau}=\pm\frac{1}{i\sqrt{g}}\mathfrak{A}_{\mu\nu},$$

suivant que la permutation $\begin{pmatrix}\sigma\tau\mu\nu\\1234\end{pmatrix}$ est paire ou impaire. Formons ensuite le tenseur électromagnétique $\mathcal{F}_{\mu\nu}$ comme le rotationnel du potentiel électromagnétique $\varphi_\tau$, et les opérateurs

$$(2)\qquad {}^\pm p_\tau=\frac{h}{2\pi i}\nabla_\tau\mp\frac{l}{c}\varphi_\tau,$$

$\nabla_\tau$ étant la dérivée covariante par rapport à $x^\tau$. Désignons maintenant par $^\pm\psi_\tau$ le quadrivecteur ondulatoire pour les électrons positifs ou négatifs. Alors, on peut montrer que les équations

$$(3)\qquad mc.\ {}^\pm\mathcal{H}_{\sigma\tau}={}^\pm p_\sigma {}^\pm\psi_\tau-{}^\pm p_\tau {}^\pm\psi_\sigma-i^*({}^\pm p_\sigma {}^\pm\psi_\tau-{}^\pm p_\tau {}^\pm\psi_\sigma),$$

$$(4)\qquad mc.\ {}^\pm\mathcal{H}={}^\pm p_\tau {}^\pm\psi^\tau,$$

$$(5)\qquad mc.\ {}^\pm\psi_\nu={}^\pm p_\tau {}^\pm\mathcal{H}^{\cdot\tau}_{\nu}-{}^\pm p_\nu {}^\pm\mathcal{H}$$

représentent deux groupes de huit équations complexes linéaires chacune entre huit quantités complexes. Si nous posons comme d'habitude

$$(6)\qquad \nabla_\tau\varphi^\tau=0,$$

et, substituant (3), (4) dans (5), nous obtiendrons les équations du second ordre

$$(7)\qquad \left\{g^{\sigma\tau}\nabla_\sigma\nabla_\tau\mp\frac{4\pi ie}{hc}\varphi^\tau\nabla_\tau-\frac{4\pi^2}{h^2}\left(m^2c^2+\frac{e^2}{c^2}\varphi_\tau\varphi^\tau\right)\right\}{}^\pm\psi_\nu$$
$$-R^{\tau}_{\nu}\,{}^\pm\psi_\tau\mp\frac{2\pi ie}{hc}(\mathcal{F}^{\tau}_{\nu}+i^*\mathcal{F}^{\tau}_{\nu})\,{}^\pm\psi_\tau=0,$$

qui peuvent être réduites en absence de gravitation aux équations de Dirac du second ordre au moyen d'additions et soustractions seulement. For-

(1) Séance du 26 mars 1934.

mons enfin le quadricourant électrique $\mathfrak{S}^{\tau}$ :

$$(8)\quad \mathfrak{S}^{\tau}=\frac{e}{2}\big({}^{+}\mathcal{H}^{\tau\rho}\,{}^{-}\psi_{\rho}+{}^{+}\mathcal{H}\,{}^{-}\psi^{\tau}-{}^{-}\mathcal{H}^{\tau\rho}\,{}^{+}\psi_{\rho}-{}^{-}\mathcal{H}\,{}^{+}\psi^{\tau}$$
$$+{}^{+}\widetilde{\mathcal{H}}^{\tau\rho}\,{}^{-}\tilde{\psi}_{\rho}+{}^{+}\widetilde{\mathcal{H}}\,{}^{-}\tilde{\psi}^{\tau}-{}^{-}\widetilde{\mathcal{H}}^{\tau\rho}\,{}^{+}\tilde{\psi}_{\rho}-{}^{-}\widetilde{\mathcal{H}}\,{}^{+}\tilde{\psi}^{\tau}\big)$$
$$=\frac{e}{2mc}\big({}^{-}\psi^{\rho}\,{}^{+}p^{\tau}\,{}^{+}\psi_{\rho}-{}^{+}\psi^{\rho}\,{}^{-}p^{\tau}\,{}^{-}\psi_{\rho}+{}^{-}\tilde{\psi}^{\rho}\,{}^{+}\tilde{p}^{\tau}\,{}^{+}\tilde{\psi}_{\rho}-{}^{+}\tilde{\psi}^{\rho}\,{}^{-}\tilde{p}^{\tau}\,{}^{-}\tilde{\psi}_{\rho}\big)$$
$$-\frac{he}{4\pi mc}\nabla_{\rho}\Big\{\frac{1}{i}\big({}^{+}\psi^{\tau}\,{}^{-}\psi^{\rho}-{}^{+}\psi^{\rho}\,{}^{-}\psi^{\tau}-{}^{+}\psi^{\tau}\,{}^{-}\tilde{\psi}^{\rho}+{}^{+}\tilde{\psi}^{\rho}\,{}^{-}\tilde{\psi}^{\tau}\big)$$
$$+{}^{*}\big({}^{+}\psi^{\tau}\,{}^{-}\psi^{\rho}-{}^{+}\psi^{\rho}\,{}^{-}\psi^{\tau}+{}^{+}\tilde{\psi}^{\tau}\,{}^{-}\tilde{\psi}^{\rho}-{}^{+}\tilde{\psi}^{\rho}\,{}^{-}\psi^{\rho}\big)\Big\}.$$

Des équations (3), (4), (5) on déduit l'équation de continuité

$$(9)\qquad \nabla_{\tau}\mathfrak{S}^{\tau}=0.$$

THERMODYNAMIQUE. — *Détermination des chaleurs spécifiques des liquides.* Note de MM. **Nicolas de Kolossowsky** et **W. W. Udowenko.**

Voici de nouvelles données expérimentales (¹) sur les valeurs des chaleurs moléculaires sous pression constante $C_p$ et des dérivées partielles de l'entropie moléculaire $(\partial S/\partial T)_p$ pour dix liquides organiques, mesurées à la température de 29°C. environ :

| Liquide. | Températures absolues | | Nombre de mesures. | $c_p$ | | $C_p$ | $\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | extrêmes. | moyennes. | | Valeurs extrêmes. | Valeur moyenne. | | |
| Éthylbenzène........ | 302,6-303,0 | 302,75 | 4 | 0,3962-0,4103 | 0,4028 | 42,73 | 0,1411 |
| Isopropylbenzène.... | 301,8-302,4 | 302,07 | 8 | 0,3889-0,4019 | 0,3959 | 47,54 | 0,1574 |
| Benzène monobromé.. | 302,5-302,8 | 302,65 | 5 | 0,2206-0,2235 | 0,2215 | 34,77 | 0,1149 |
| Aldéhyde benzoïque.. | 302,3-302,5 | 302,39 | 4 | 0,3831-0,3930 | 0,3860 | 40,93 | 0,1354 |
| Métanitrotoluène..... | 302,3-302,5 | 302,39 | 6 | 0,3518-0,3544 | 0,3526 | 48,33 | 0,1598 |
| Diméthylaniline...... | 302,3-302,4 | 302,35 | 3 | 0,4214-0,4268 | 0,4236 | 51,29 | 0,1696 |
| Diéthylaniline....... | 300,3-302,3 | 302,03 | 7 | 0,4338-0,4437 | 0,4398 | 65,58 | 0,2171 |
| Orthotoluidine....... | 302,4-302,7 | 302,53 | 4 | 0,4660-0,4698 | 0,4678 | 50,09 | 0,1656 |
| Métatoluidine........ | 302,4-302,9 | 302,72 | 5 | 0,4821-0,4885 | 0,4841 | 51,84 | 0,1712 |
| Quinoléine.......... | 302,4-302,6 | 302,49 | 3 | 0,3501-0,3612 | 0,3574 | 46,13 | 0,1525 |

Les valeurs ci-dessus, ainsi que ceux de la Note précédente, nous montrent que la dérivée partielle de l'entropie moléculaire par rapport à la

(¹) Voir *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 519.

température croît parallèlement à la complexité de la substance et est notamment à peu près proportionnelle au nombre N d'atomes dans la molécule (le tétrachlorure de carbone fait seul exception). On a approximativement $1/N (\partial S/\partial T)_p = 0{,}0093$, avec un écart moyen de $\pm 0{,}0008$ et un écart maximum de $\pm 0{,}002$, soit environ 20 pour 100, tandis que les valeurs de N et de $\partial S/\partial T$ varient dans la proportion de 1 à 3.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Sur le développement d'électricité par torsion dans les cristaux de quartz.* Note de MM. **Ny Tsi-Zé** et **Tsien Ling-Chao**, présentée par M. Ch. Fabry.

En dehors de la piézoélectricité découverte par les frères Curie, on a constaté le développement d'électricité par torsion sur un cylindre de quartz dont l'axe est parallèle à l'axe optique. Cette expérience a été faite par Röntgen (1) en 1889 et reprise en 1928 par Edgar-Pierre Tawil (2).

Röntgen aurait constaté, en soumettant un cylindre de quartz à une torsion, l'existence de deux plans perpendiculaires entre eux et divisant la surface latérale du cylindre de quartz en quatre zones chargées alternativement d'électricité positive et négative. Tawil a trouvé un résultat tout à fait différent. En exerçant une torsion, celui-ci constate également la production d'électricité sur l'enveloppe du cylindre. Mais cette surface est, d'après lui, uniformément chargée d'une électricité de même signe, tandis que la charge du signe opposé se produit sur les faces perpendiculaires à l'axe.

Nous nous sommes proposé d'élucider ce point et de formuler, si possible, les lois qui régissent ce phénomène en faisant une étude quantitative. Nous avons trouvé que la surface latérale tout entière du cylindre est bien recouverte d'une électricité de même signe, mais l'électrisation n'est pas uniforme du tout d'un bout à l'autre. En effet, en revêtant la surface latérale du cylindre de plusieurs bandes métalliques circulaires, isolées les unes aux autres, nous avons constaté la distribution suivante : sur la bande du milieu la charge est très faible, tandis que l'électricité sur les diverses autres bandes augmente progressivement à mesure qu'elles s'éloignent du milieu; les deux bandes extrêmes portant la majeure partie

(1) *Wiedemann's Annalen der Physik*, 39, 1890, p. 16,
(2) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1042.

de l'électricité totale développée sur la surface latérale du cylindre. Les deux bases du cylindre sont recouvertes naturellement d'électricité de signe opposé à celui de la surface latérale.

Cette distribution inattendue d'électricité sur l'enveloppe nous a amenés à faire une certaine hypothèse sur le mécanisme de la production de l'électricité par torsion et à faire l'expérience suivante avec un cylindre creux :

Après avoir percé le cristal suivant son axe, nous avons revêtu de deux armatures la surface intérieure et extérieure du cylindre creux. Lorsqu'on exerce la torsion, l'armature extérieure est recouverte uniformément d'électricité et l'armature intérieure se charge d'électricité en quantité égale mais de signe opposé. La quantité d'électricité développée dans ce cas est beaucoup plus importante qu'avec un cylindre plein. Si nous inversons le sens dans la torsion, les charges sur les armatures extérieure et intérieure s'inversent. Les charges s'inversent également quand, supprimant la torsion, le quartz reprend sa position d'équilibre. La quantité d'électricité libérée est proportionnelle au moment du couple appliqué.

Pour une torsion de même sens, les signes de dégagement ne sont pas les mêmes pour un quartz dextrogyre ou lévogyre, comme Tawil l'a déjà annoncé. Chaque cristal dégage, sur son armature extérieure, de l'électricité positive quand on le tord dans le sens de sa rotation optique.

Un tel cylindre de quartz, constituant un véritable condensateur, a pu être facilement mis en oscillation dans un circuit électrique comme une lame piézoélectrique. Cette expérience montre implicitement l'existence du phénomène inverse, c'est-à-dire la rotation d'un condensateur cylindrique de quartz lorsqu'on met ses armatures en charge.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur quelques oxydations anodiques au sein de la gélatine.* Note (¹) de M<sup>lle</sup> **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

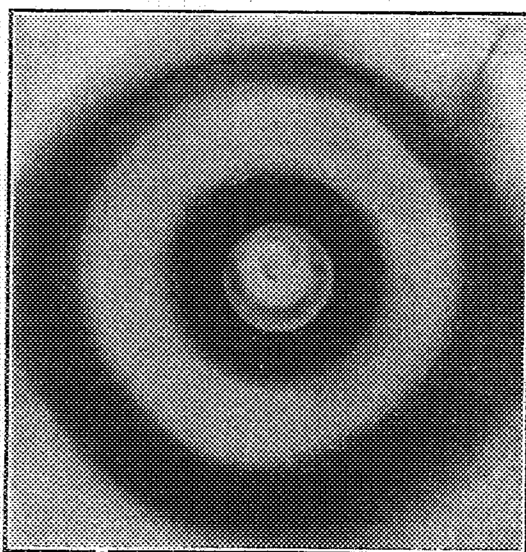
Une étude antérieure (²) a montré que dans le champ électrique, entre électrodes inattaquables, la gélatine évolue au cours du temps. Le milieu accuse des dénivellations consécutives à un échelonnement de la concentra-

(¹) Séance du 9 avril 1934.

(²) *J. Phys. Rad.*, 4, 1933, p. 362.

tion en ions hydrogène, tandis que sa conductivité d'ensemble tend vers une valeur pratiquement nulle.

L'emploi d'une anode oxydable complique les processus, notamment lorsque le produit d'oxydation, constitué de particules colloïdales à polarité positive, se trouve sollicité vers la cathode. Les migrations, observées dans ces conditions pour un certain nombre de cas, ont fait l'objet des présentes expériences.



Anode circulaire du fer.
Arrêt du produit d'oxydation, en migration, au niveau de l'œdème cathodique.

L'anode oxydable était prise sous la forme d'une boucle circulaire de fil du métal intéressé, incorporée dans la couche de gélatine, la cathode étant, d'autre part, un fil de platine perpendiculaire au plan de la préparation en son centre. Les essais pratiqués avec ce dispositif ont révélé que la migration des produits d'oxydation à polarité positive est susceptible de ne pas se poursuivre jusqu'à la cathode même. Nous décrirons ici quelques expériences dans lesquelles, sous une différence de potentiel de quelques volts, un dépôt de matière a nettement signalé un arrêt des particules migratrices.

L'arrêt est aisément perceptible, par exemple, avec une anode de fer, constituée par une boucle de fil de clavecin. La préparation, reproduite en vraie grandeur sur la figure, a été obtenue sous une tension de 4 volts. La rouille, formée sur le fil, a diffusé en deçà et au delà de la boucle, en

même temps que, du fait de sa polarité positive, elle a migré sensiblement jusqu'au niveau de l'œdème cathodique, en un anneau large et épais.

Le phénomène d'arrêt de migration se produit encore, à des degrés divers, avec des anodes d'argent, de nickel, d'aluminium, de plomb, de cuivre, le dépôt du produit d'oxydation ayant lieu, soit au bord de l'œdème cathodique, soit en deçà. En particulier, avec une anode de cuivre, les deux états d'oxydabilité du métal sont l'un et l'autre décelables. Dans des circonstances expérimentales appropriées, l'anode se revêt d'un enrobage bleu clair, et le produit d'oxydation, parvenu au niveau de l'œdème cathodique, éprouve déjà un virage sensible, tandis qu'une légère coloration rouge peut encore envahir quelque peu l'œdème cathodique proprement dit.

Les perturbations subies, dans l'œdème cathodique, par les migrations envisagées sont interprétables en présumant que, dans cette région hautement réductrice, les produits d'oxydation se trouvent ramenés, dans une mesure plus ou moins large, à l'état métallique. La réaction chimique infligerait aux particules migratrices une inversion de polarité les contraignant à rebrousser chemin : en sorte que la situation finale de ces particules, à distance de la cathode, représenterait une position d'équilibre imposée par le jeu des actions antagonistes qui interviennent.

SPECTROSCOPIE. — *Nouveaux résultats sur la raie verte de l'aurore non polaire dans le ciel nocturne.* Note de M. HUBERT GARRIGUE, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai déjà publié (1) des essais préliminaires pour photographier à l'Observatoire du Pic du Midi la raie verte du ciel nocturne, dont la longueur d'onde est 5577,341 Å.

J'ai perfectionné mes premiers appareils en vue de photographier automatiquement des spectres successifs, les poses pour chacun d'eux pouvant durer de 15 à 60 minutes. Le spectrographe proprement dit est constitué par une fente rectiligne de $20^{cm}$ de long, sur 1 à $20^{mm}$ de large, fixée à l'extrémité d'un tube métallique de $2^{m}$ de long, à l'autre extrémité duquel se trouvent un prisme à vision directe et une combinaison assez heureuse de deux lentilles dont l'ouverture efficace est F:1,35. Devant la longue fente on peut disposer deux miroirs plans identiques éclairant chacun une

(1) La raie verte du ciel nocturne, *L'Astronomie*, avril 1933, p. 165.

moitié de la fente et permettant ainsi d'avoir simultanément le spectre de deux régions différentes du ciel. Les émulsions employées sont, soit des isochromes Agfa, soit des superlumichromes Lumière en pellicule, toujours développées dans un bain très actif soude-hydroquinone.

1° En février 1933, j'ai obtenu 50 spectres posés chacun 1 heure, pour une même région du ciel située à 10° au-dessus de l'horizon Nord. Tous contiennent la raie verte, même pendant la pleine lune et malgré la présence de cirrus dans la région du ciel visée. Un seul de ces spectres présente la raie verte à l'horizon Nord avec une intensité exceptionnelle (¹).

2° Les 19 et 20 février 1933, en pleine tourmente de neige, j'ai obtenu deux spectres contenant encore la raie verte, en deux poses de 7 et 9 heures respectivement, la région visée étant l'horizon Ouest. Pour éviter le dépôt de givre, les appareils étaient énergiquement ventilés au moyen de turbines électriques et chauffés électriquement.

3° Sur plusieurs clichés, j'ai enregistré simultanément, soit les spectres à 10° au-dessus de l'horizon Nord et au zénith, soit les spectres à 10° au-dessus de l'horizon Sud.

Quatre de ces clichés ont été analysés au microphotomètre enregistreur.

*a. Comparaison de l'intensité de la raie verte à l'horizon Nord* $I_n$ *avec l'intensité au zénith* $I_z$. — Une pose de 6 heures du 22 au 23 février 1933 a donné $I_n/I_z = 2,0$.

Une pose de 5 heures du 28 au 29 août 1933 a donné $I_n/I_z = 2,4$, la première observation étant meilleure que la seconde.

*b. Comparaison de l'intensité de la raie verte à l'horizon Nord* $I_n$ *avec l'intensité à l'horizon Sud* $I_s$. — Du 20 au 21 décembre 1933 j'ai pris un cliché contenant 9 spectres posés chacun 1 heure. Pour chacun de ces spectres, je donne, dans le tableau suivant, l'intensité de la raie au Nord et au Sud, exprimée en unités arbitraires :

| Heures. | Région Nord : $I_n$. | Région Sud : $I_s$. | Rapport d'intensité : $I_n/I_s$. |
|---|---|---|---|
| 19-20 | 225 | 155 | 1,4 |
| 20-21 | 170 | 135 | 1,2 |
| 21-22 | 130 | 115 | 1,1 |
| 22-23 | 155 | 140 | 1,1 |
| 23-00 | 225 | 150 | 1,5 |
| 00-01 | 215 | 195 | 1,1 |
| 01-02 | 220 | 180 | 1,2 |
| 02-03 | 205 | 175 | 1,2 |
| 03-04 | 200 | 170 | 1,2 |

(¹) *Loc. cit.*, p. 168-169, cliché n° 1.

La variation d'intensité au cours de la nuit pour les régions Nord et Sud présente un maximum vers $1^h$, déjà mis en évidence pour la région zénithale par Mc. Lennan et ses collaborateurs. Les variations d'intensité pour ces deux régions sont parallèles, l'intensité au Sud étant toujours inférieure à l'intensité au Nord. Le rapport moyen des intensités au Nord et au Sud est $I_n/I_s = 1,24$.

Un cliché Nord-Sud (toujours à 10° au-dessus de l'horizon), avec une pose de 7 heures, du 21 au 22 décembre 1933, a donné le rapport $I_n/I_s = 1,19$ en bon accord avec le rapport précédent.

En résumé, le rapport entre l'intensité de la raie verte à l'horizon et l'intensité de cette raie au zénith reste voisin de 2,0. Ce n'est qu'exceptionnellement que la raie verte peut devenir très intense à l'horizon Nord. Pour pouvoir déduire de ces résultats l'altitude de la couche émettrice, il faudrait supposer la répartition de celle-ci uniforme, ce qui n'est pas tout à fait légitime, puisque l'intensité de la raie à l'horizon Sud n'est pas la même que l'intensité à l'horizon Nord. Cependant elle n'en diffère que de 2 dixièmes. Si l'on compare les résultats obtenus par Cabannes et Dufay [1] pour le groupe de raies bleues 4420 Å, ($I_n/I_z = 1,5$) à ceux que j'obtiens pour la raie verte 5577 Å, ($I_n/I_z = 2,0$) il semble que la couche émettrice de la raie verte est à plus basse altitude que celles des raies bleues 4420 Å. Mais l'absorption atmosphérique intervient d'une manière trop complexe pour qu'ou puisse arriver actuellement à une conclusion certaine.

PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire paramagnétique et la loi d'aimantation de la tysonite, dans la direction de l'axe optique, aux très basses températures.* Note de MM. **Jean Becquerel**, **W. J. de Haas** et **J. Van den Handel**, présentée par M. A. Cotton.

Les recherches poursuivies depuis 1906 par l'un de nous ont conduit à établir [2] que les phénomènes magnétiques et magnétooptiques dans les cristaux sont dominés par l'influence du champ électrique interne, qui décompose les niveaux d'énergie qu'on trouverait dans les ions libres. Quand le niveau fondamental résultant de cette décomposition est doublement

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 306.

(2) Rita Brunetti, *Rend. Accad. d. Lincei*, 6e série, 7, 1, 1928, p. 238; 9, 1, 1929, p. 754; Jean Becquerel, *Journal de Physique*, 6e série, 10, 1929, p. 313.

dégénéré, la loi d'aimantation la plus simple qu'on puisse obtenir aux très basses températures, et la loi de la rotation paramagnétique, doivent être en forme de tangente hyperbolique.

Une telle loi a été indiquée par deux d'entre nous [1] comme représentant la rotation dans la tysonite, dans la direction de l'axe, aux températures de l'hélium liquide. Nous avons montré aussi que, dans ce cristal, la presque totalité de l'effet doit être attribuée au cérium, les petites quantités de néodyme et de praséodyme n'intervenant pas d'une façon appréciable. Mais, dans l'interprétation admise, nous avions pris la variable de Langevin ($\mu H/kT$) pour argument de la tangente hyperbolique, et une grave difficulté s'est présentée : pour avoir un accord suffisant avec les mesures, il a fallu admettre que, pour une longueur d'onde donnée, la valeur de saturation dépend de la température.

Dans ces premières expériences, la température avait été maintenue bien constante dans chaque série de mesures, mais les valeurs des diverses températures n'étaient pas repérées avec précision. Les nouvelles mesures nous ont montré que la loi initialement proposée ne constitue qu'une approximation : d'une part il y a un faible champ moléculaire, d'autre part la valeur de saturation ne dépend que de la longueur d'onde.

Nos expériences portent sur 13 températures (6 de l'hélium, 4 de l'hydrogène, 2 de l'azote et la température du laboratoire).

La détermination des tangentes à l'origine des courbes qui représentent, à température donnée T, la rotation $\rho$ en fonction du champ H, montre qu'entre 1°,32 K. et 20°,4 K. la constante de Verdet ($V = \rho/H$ pour H petit) obéit très exactement à la formule

$$V = \frac{C}{T + \Theta} + B. \qquad (1)$$

Pour la radiation verte du mercure, les constantes, rapportées à l'épaisseur de $1^{mm}$, ont les valeurs suivantes (rotation de sens négatif) :

$$C = -0,1421, \qquad B = 0,0004514, \qquad \theta = 0°,2942.$$

La constante de Verdet est ici l'analogue de la susceptibilité : nous trouvons donc la loi de Weiss-Cabrera. Or l'existence d'un point de Curie $(-\theta)$ a été rattachée par M. P. Weiss à un champ moléculaire, et, d'après la théorie proposée par M. Heisenberg, un tel champ doit figurer, dans l'argument de

[1] JEAN BECQUEREL et W. J. DE HAAS, *J. de Physique*, 6e série, 10, 1929, p. 283.

la tangente hyperbolique, sous la forme d'une série contenant des termes en $\theta/T$, $(\theta/T)^2$, ... dont les coefficients dépendent de la fraction de saturation. Enfin une théorie de M. H.-A. Kramers [1] montre qu'il doit exister un terme indépendant de T : dans l'expression de V, ce terme donne la constante B (qui englobe la rotation diamagnétique et une rotation paramagnétique indépendante de T). Il convient donc d'essayer la loi [2]

$$\rho = A \operatorname{th}\left(\frac{\mu H}{kT} - \frac{\theta}{T}\,\frac{\rho - BH}{A}\right) + BH, \tag{2}$$

si toutefois il est légitime de ne conserver que le terme en $\theta/T$. Cette formule se réduit bien à l'expression (1) pour H très petit.

Nous avons obtenu

$$\mu = 1{,}2883\,\mu_B, \qquad A = 1648^\circ{,}0 \ (\mu_B \text{ magnéton de Bohr}).$$

Les écarts entre les rotations mesurées et les valeurs de $\rho$ calculées ne dépassent que très rarement $\pm 5$ pour 1000 et sont généralement bien moindres; ils n'ont rien de systématique.

A 77°,32 K. l'écart entre la rotation mesurée et la valeur calculée par (2) est petit (1,9 pour 100), ce qui montre que le second niveau ne joue encore qu'un faible rôle. Mais à 292° K. l'écart est grand.

Ces résultats suggèrent plusieurs remarques :

1° La loi de Weiss-Cabrera a ici une signification simple, parce qu'aux très basses températures il n'intervient qu'un niveau d'énergie.

2° La constante $\theta$ étant positive, on peut dire que le cristal est « antiferromagnétique » dans la direction de l'axe optique.

3° La valeur trouvée pour $\mu$ est précisément celle que M. Kramers a déduite des mesures de MM. W. J. de Haas et C. J. Gorter, sur la susceptibilité du fluorure de cérium aux températures de l'hydrogène liquide. M. Kramers avait indiqué comme valeur approximative $9/7\,\mu_B$ qui ne diffère que de 2 pour 1000 de la valeur que nous obtenons. Ce résultat (tout en confirmant que le tysonite $[(Ce, La, Nd + Pr)F_3]$ doit son énorme pouvoir rotatoire presque uniquement au Ce), montre que le moment magnétique

---

(1) H.-A. Kramers, *Proc. Amsterdam*, 34, 1932, p. 10; 36, 1933, p. 1.

(2) En principe, H est le champ extérieur corrigé du faible champ dû aux interactions magnétiques entre les ions. La correction serait illusoire dans BH, et dans l'argument de la tangente hyperbolique, si l'on prend pour H la valeur du champ extérieur, $\theta$ englobe l'effet du champ moléculaire et celui des interactions magnétiques.

qui détermine la rotation paramagnétique est bien le même que celui qu'on trouve par la mesure de la susceptibilité. Ce fait est important, car il contredit l'opinion que « le système électronique qui est à la base des propriétés paramagnétiques des sels n'est pas tout à fait identique à celui qui intervient dans la rotation paramagnétique (¹) ».

PHOSPHORESCENCE. — *Action de l'effluve électrique sur la phosphorescence de certains sulfures alcalinoterreux.* Note de M. **René Coustal**, présentée par M. Jean Perrin.

Je me suis servi d'une machine statique de Wommelsdorf donnant une tension de 200 000 volts, et pouvant débiter jusqu'à 3 milliampères.

Les deux pôles de la machine étaient reliés, par des câbles à fort isolement, à deux plateaux de bois isolés. Le bois se comporte comme un semi-conducteur et permet d'obtenir le passage de l'effluve sans risque de décharge disruptive.

Sur l'un ou l'autre de ces plateaux de bois, on place un écran de carton enduit d'un sulfure phosphorescent. On provoque l'effluve entre l'écran et le sol, soit par l'intermédiaire d'un corps métallique quelconque, tenu à la main, soit simplement en effleurant d'un doigt la surface de l'écran (la surface phosphorescente tournée vers la main).

Dans ces conditions, avec certains sulfures, on observe les phénomènes suivants :

(L'écran, préalablement rendu lumineux par exposition à la lumière d'une lampe électrique, étant placé sur le plateau relié au pôle positif.)

L'effluve provoque immédiatement une extinction partielle de la phosphorescence; cette extinction n'est pas définitive, et si l'on arrête l'effluve, la luminosité du point touché reparaît progressivement. Si l'effluve est prolongé durant un temps assez long, l'extinction est plus durable, mais on peut cependant faire reparaître la phosphorescence en changeant l'écran de plateau et en le soumettant un instant à l'effluve de polarité contraire.

Si l'on fait les mêmes expériences, l'écran étant placé initialement sur le plateau relié au pôle négatif, on observe les mêmes apparences, mais avec une intensité beaucoup moindre.

Si l'illumination du sulfure a été obtenue par exposition à la lumière

(¹) *Rapport au VI^e Conseil de Physique Solvay*, 1930, p. 42.

d'une lampe à mercure, on observe, en outre des prénomènes précédents, que l'extinction de la phosphorescence est précédée d'une très brève, mais très vive surillumination.

Si l'écran est placé sur un des plateaux, complètement privé de luminosité par un repos prolongé dans l'obscurité, l'effluve provoque toujours, quel que soit sa polarité, une très légère phosphorescence, due probablement à la lumière violette et ultraviolette de l'effluve. Cette phosphorescence est d'ailleurs très peu persistante.

Les phénomènes d'extinction ne sont pas dus à un rayonnement infrarouge, car ce sont précisément les sulfures les plus sensibles à l'action extinctrice de l'infrarouge qui se prêtent le moins bien à ces expériences. En particulier, les sulfures sans phosphorogène obtenus par la méthode de l'explosion ne conviennent pas du tout.

Les phénomènes les plus nets ont été obtenus avec un sulfure de zinc à phosphorogène cuivre, obtenu par calcination au four du sulfure purifié par cristallisations successives puis mêlé à un fondant alcalin.

Tous les sulfures de zinc à phosphorogène cuivre ne conviennent d'ailleurs pas. Un sulfure de zinc à phosphorogène manganèse a donné de bons résultats; des sulfures de calcium, des sulfures de magnésium et des sulfures de strontium ont été très médiocres.

Je ne puis pas encore expliquer le mécanisme de ces phénomènes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rayonnement complexe excité dans les corps légers par les particules* $\alpha$. Note de M. **P. Savel**, présentée par M. Jean Perrin.

La méthode, décrite pour l'étude des rayonnements excités par les particules $\alpha$ dans le fluor et l'aluminium ([1]), a été utilisée pour préciser certains renseignements déjà connus relatifs au lithium, sodium et magnésium ([2]); elle nous a permis d'autre part de déceler un rayonnement $\gamma$ excité dans l'azote.

Les principaux résultats obtenus sont indiqués dans le tableau ci-après :

---

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1482, et 198, 1934, p. 368.

([2]) I. Curie et F. Joliot, *J. de Physique et le Radium*, 4, 1933, p. 21 et 278.

| Éléments. | $\mu/\rho_{Pb}$. | $h\nu \times 10^{-6}$eV. | $W_\alpha^\gamma \times 10^{-6}$eV. | $x_{cm}$. | $W_n \times 10^{-6}$eV. | $W_\alpha^n \times 10^{-6}$eV. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Li.. | 0,17 | 0,5 | 2,8 | 0,54 | 0,9 | ~ 5 |
| N... | 0,056 | 1,3 à 1,5 | – | – | – | – |
| Na.. | 0,048 | 1,7 à 1,8 | 3,7 à 4 | 1,70 | 2 | 4,7 à 5 |
| Mg.. | 0,17 | 0,5 | 4,3 à 4,5 | 1,25 | 1,5 | 4,3 à 4,5 |

$\mu/\rho_{Pb}$ étant le coefficient d'absorption massique dans le plomb, $h\nu$ l'énergie quantique du rayonnement $\gamma$; $W_\alpha^\gamma$ et $W_\alpha^n$ l'énergie minimum nécessaire à la particule $\alpha$ incidente pour provoquer respectivement l'émission des photons et des neutrons; $x_{cm}$ est l'épaisseur de plomb nécessaire pour réduire de moitié l'intensité du courant d'ionisation dû aux neutrons, enfin $W_n$ est l'énergie des neutrons.

*Remarques.* — *a.* Par suite de l'oxydation rapide du lithium et du sodium métalliques il est difficile de préciser les valeurs minima $W_\alpha^\gamma$ et $W_\alpha^n$. Cependant, malgré la faible intensité de l'effet produit, les résultats obtenus avec NaOH et LiOH sont peu différents.

*b.* L'azote a été utilisée sous forme de gaz. La source de rayons $\alpha(P_0)$ est fixée à l'intérieur d'un petit appareil en laiton pouvant contenir des gaz sous quelques kg/cm² de pression. L'effet observé en faisant varier la nature du gaz ($CO^2$ et $N^2$ sous 5 kg/cm² de pression) est très faible, et, il est nécessaire de faire un très grand nombre de mesures croisées, pour pouvoir donner un coefficient d'absorption du rayonnement $\gamma$ excité dans l'azote.

Aucun effet dû aux neutrons n'a pu être mis en évidence.

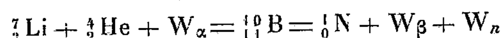
*c.* L'énergie quantique des rayonnements $\gamma$ est déterminée en se servant de la courbe empirique obtenue en extrapolant la loi de Jaeger [1] reliant $u/\rho$ et la longueur d'onde $\lambda$ et en utilisant les valeurs bien connues du RaC et du ThC″. Des mesures faites avec un étalon de Ra filtré par $1^{cm}$ de Pb, et placé dans des conditions géométriques analogues à celles utilisées dans nos expériences, donnent un coefficient d'absorption dans le plomb très voisin de celui connu, et justifient ainsi l'emploi de cette courbe.

*d.* L'énergie des neutrons est déduite d'une courbe empirique construite d'après les valeurs connues pour les neutrons de certains éléments Li, B, Be (protons projetés et atomes de recul) et leur pouvoir de pénétration dans le plomb. Toutefois les nombres indiqués n'ont que la valeur d'un ordre de grandeur.

---

(1) *Zeits. f. Phys.*, 69, 1931, p. 565.

Discussion des résultats. — 1° *Origine des neutrons : Lithium.* — Si l'on tient compte de la masse du neutron actuellement admise par I. Curie et F. Joliot (1.0102), et si l'on suppose connue très exactement la masse de $Li^7$, le bilan énergétique de la réaction nucléaire



$$^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He + W_{\alpha} = ^{10}_{11}B = ^{1}_{0}N + W_{\beta} + W_{n}$$

indique que l'émission des neutrons de 900000 eV d'énergie n'est possible qu'à la condition de diminuer la masse actuelle de $B^{10}$ de 0,0034 unité [1].

*Magnésium et sodium.* — Comme pour l'Al l'origine probable des neutrons de Mg est celle suggérée par les découvertes d'un nouveau type de radioactivité [2]; et, bien que l'on n'ait pas mis en évidence des électrons positifs émis par Na, on peut penser que le processus d'émission des neutrons est encore le même.

D'après cette hypothèse on doit s'attendre à ce que l'émission, par un même élément, des neutrons et des électrons positifs, commence pour la même énergie minimum des particules $\alpha$ incidentes. Un excellent accord a été obtenu avec l'Al et le Mg.

2° *Origine des photons.* — Les expériences de désintégration artificielle des éléments légers avec expulsion de protons font prévoir que l'émission de chaque paire de groupes de protons doit être accompagnée d'une radiation $\gamma$ d'énergie quantique bien définie; de même, dans le cas d'une désintégration avec émission de groupes de neutrons on devrait trouver une radiation électromagnétique.

Les résultats relatifs à la désintégration de Na [3] et Mg [4] sont moins précis et moins nombreux que ceux relatifs au F et à l'Al.

On n'a pas pu déceler de protons de désintégration du lithium, d'autre part l'émission des photons commence avant celle des neutrons. Enfin dans le cas de l'azote on connaît seulement deux groupes de protons [5] émis sans excitation du noyau et par conséquent non accompagnés de radiation $\gamma$.

A la suite de ces considérations on peut émettre les hypothèses suivantes :

1° Dans les cas de Li et N on peut penser qu'il y a excitation du noyau

---

(1) F. Joliot, *Congrès Solvay* (1933), et en cours de publication.
(2) I. Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 254.
(3) König, *Naturwiss.*, 22, 1934, p. 150.
(4) Klarmann, *Zeits. f. Phys.*, 87, 1934, p. 411.
(5) Pollard, *Proc. Roy. Soc.*, 14, 1933, p. 375.

sans capture de la particule α et sans transmutation. Le noyau excité reviendrait à l'état normal avec émission d'une radiation γ.

2° Dans le cas de NaMg, F et Al on peut penser que deux phénomènes se superposent. Un rayonnement γ serait émis lors de l'excitation du noyau sans capture de la particule α comme précédemment, puis, lorsque l'énergie de la particule α serait suffisante pour provoquer la transmutation du noyau avec émission de protons ou de neutrons, un rayonnement de même nature se superposerait au premier.

EFFET RAMAN. — *L'effet Raman du radical oxhydrile.* Note de M. **Louis Médard**, présentée par M. Fabry.

Les seuls corps chez lesquels on ait pu jusqu'à présent observer la vibration interne du groupe OH par effet Raman sont $H^2O$, $NO^3H$ et $CH^3OH$. Avec ces trois corps, la liaison O — H se manifeste dans le spectre de diffusion par de larges bandes s'étendant sur plusieurs centaines d'ondes par centimètre, vers 3000-3600 $cm^{-1}$. En ce qui concerne l'eau, la question a été reprise récemment par Cabannes et de Riols (¹); pour l'acide nitrique, la bande OH a été observée en premier lieu par Dadieu et Kohlrausch (²); en collaboration avec Mlle Petitpas (³), nous avons décrit son aspect et les modifications qu'elle subit dans les solutions de $NO^3NH^4$ ou de $NO^3K$ dans l'acide nitrique. Quant à l'alcool méthylique, parmi les auteurs (⁴) qui ont étudié son spectre Raman, seuls Venkateswaran-Karl et Dadieu-Kohlrausch font mention d'une bande, les premiers vers 3330 $cm^{-1}$, les seconds vers 3420 $cm^{-1}$.

Nous nous sommes proposé de retrouver la bande OH du méthanol, et de rechercher si d'autres corps hydroxylés donnent dans la même région une bande Raman. L'effet cherché devant être *a priori* assez faible, il est nécessaire d'opérer sur des substances bien purifiées, débarrassées autant que possible de fluorescence, et d'éviter sur un même spectre les excitations

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 30.

(²) *Naturwissenschaften*, **19**, 1931, p. 690.

(³) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1221; **198**, 1934, p. 88.

(⁴) Daure, *Ann. de Physique*, 10e série, **12**, 1929, p. 375; Venkateswaran et Karl, *Z. Phys. Chemie*, **1**, 1928, p. 466; Ganesan et Venkateswaran, *Ind. J. of Physics*, **4**, 1929, p. 196; Dadieu et Kohlrausch, *Monats. für Chemie* **55**, 1930, p. 379; Wood et Collins, *Physical Rev.*, **42**, 1932, p. 386.

multiples pouvant superposer des raies, parfois très intenses, à la bande cherchée; à cet effet la lumière de l'arc à mercure était filtrée soit au moyen d'un verre au nickel pour isoler λ 3650 Å, soit au moyen d'une solution de $CoCl^2$ pour isoler λ 4046 Å. Ces spectres ont été pris sur plaques Fulgur, les poses variant de 10 à 30 heures. Pour situer de façon aussi précise que possible les maxima des bandes, les clichés ont été étudiés au microphotomètre Chalonge et Lambert; l'erreur possible sur la détermination des fréquences de ces maxima est de l'ordre de 10 $cm^{-1}$. Voici les résultats obtenus :

*Acide sulfurique.* — L'acide à 100 de $SO^4H^2$ pour 100, purifié par la méthode que nous avons déjà indiquée (1) montre une bande d'intensité faible, symétrique, dont le maximum est à 3025 $cm^{-1}$ environ.

*Acide orthophosphorique.* — L'acide à 100 pour 100 de $PO^4H^3$ a été obtenu en ajoutant de l'anhydride phosphorique à de l'acide phosphorique à 60° Baumé, et purifiant le tout par chauffage avec un peu de $MnO^4K$, comme pour l'acide précédent. Il montre une bande OH assez intense, non symétrique, allant de 2700 à 3700 $cm^{-1}$, avec maximum vers 3360 $cm^{-1}$.

*Acide nitrique.* — Sa bande Raman OH présente une dissymétrie notable et s'étend de 2800 à 3600 $cm^{-1}$, avec maximum vers 3385 $cm^{-1}$.

*Alcool méthylique.* — Son spectre montre une bande intense, s'étendant de 3200 à 3600 $cm^{-1}$, avec maximum vers 3430 $cm^{-1}$.

*Alcool éthylique.* — Nous trouvons dans son spectre de diffusion une bande, bien plus faible que celle de $CH^3OH$, avec maximum vers 3400 $cm^{-1}$.

*Alcool propylique normal.* — La bande cherchée se trouve bien dans son spectre; elle est peu intense, mais très nette, avec maximum vers 3395 $cm^{-1}$.

*Alcool isopropylique.* — La bande OH de cet alcool est beaucoup moins nette sur nos clichés que celle de l'alcool précédent. Son maximum paraît voisin de 3400 $cm^{-1}$.

*Alcool butylique normal.* — Pour ce corps, la bande OH assez faible, mais perceptible, paraît s'étendre sur le même intervalle que celle de l'alcool propylique normal.

*Alcool butylique tertiaire.* — Dans le spectre de ce corps, la bande OH est d'intensité comparable à celle de l'alcool méthylique; la bande, large de 500 $cm^{-1}$, a son maximum vers 3440 $cm^{-1}$.

Nous avons étudié, dans les mêmes conditions expérimentales, le glycol, la glycérine et les acides formique et acétique; malheureusement pour ces quatre corps, malgré les diverses purifications tentées, il n'a pas été possible d'obtenir de spectre ne présentant pas de fond continu intense, ce qui empêche d'observer si une bande Raman est ou n'est pas présente.

En résumé, on observe vers 3000-3600 $cm^{-1}$ une bande Raman plus ou moins intense, avec les liquides suivants : $H^2O$, $PO^4H^3$, $SO^4H^2$, $NO^3H$,

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 582.

$CH^3OH$, $C^2H^5OH$, $n.C^3H^7OH$, $i.C^3H^7OH$, $n.C^4H^9OH$, $(CH^3)^3COH$.

L'émission par effet Raman d'une très large bande vers 3400 $cm^{-1}$ n'est donc pas un fait particulier à l'eau, mais paraît bien être un phénomène général chez les liquides dont les molécules renferment un groupe OH. Le problème se pose d'expliquer pourquoi les vibrations de la liaison O — H forment une suite continue très étendue de fréquences, tandis que les liaisons N — H ou S — H donnent naissance à des raies Raman relativement étroites.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur une propriété nouvelle des substances possédant le nombre structural* 56. Note de M. **H. Spindler**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai cherché à obtenir la fusion des composés suivants : sulfure de zinc, séléniure de zinc et sulfure de cadmium. Étant donné que ces substances se subliment avant d'entrer en fusion à la pression atmosphérique, j'ai utilisé un four permettant de soumettre la substance à une température d'environ 2000° sous une pression d'azote de $200^{kg}$.

La substance se trouve dans des creusets de Tammann d'une longueur de $200^{mm}$ et d'un diamètre intérieur de $28^{mm}$, sous forme d'une poudre tassée en colonne après avoir été désséchée.

Malgré des essais répétés il m'a été impossible d'obtenir la fusion du séléniure de zinc et du sulfure de cadmium dans ce dispositif, tandis que dans tous les essais de fusion du sulfure de zinc j'ai retrouvé cette substance très convenablement fondue à l'intérieur du creuset Tammann. Le sulfure de cadmium ainsi que le séléniure de zinc, par contre, après l'essai et le démontage de l'appareil, se retrouvent en dehors du creuset tapissant les parois intérieures du four, seule une petite couche au fond du creuset étant entrée en fusion.

Des essais effectués dans un creuset identique à l'air libre avec le bioxyde d'étain $SnO^2$ ne se sublimant pas ont montré un phénomène analogue à celui présenté par le sulfure de cadmium et le séléniure de zinc. Pendant la chauffe, brusquement la poudre contenue dans le creuset se volatilise en laissant ce dernier presque totalement vide.

Pour expliquer ce phénomène, qui ne peut être attribué ni à une réaction chimique, ni à une vaporisation, j'ai examiné les nombres structuraux de ces composés (1).

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 982.

J'ai ainsi pour

| | | |
|---|---|---|
| Séléniure de zinc, ............... | Zn/26 + Se/30 | = ZnSe/56 |
| Sulfure de cadmium ............. | Cd/42 + S/14 | = CdS/56 |
| Bioxyde d'étain ................. | Sn/44 + O/6 + O/6 | = $SnO^2$/56 |

et pour le sulfure de zinc : Zn/26 + S/14 = ZnS/40.

Le sulfure de zinc qui fond sans difficulté possède le nombre structural 40, tandis que les autres trois corps examinés qui manifestent le phénomène décrit ont des nombres structuraux 56.

Les corps de nombre structural 56 à la fois multiple de huit et nombre tétraédrique [1] doivent pouvoir exister sous deux formes cristallines distinctes, pouvant passer de l'une dans l'autre sous l'influence d'agents physiques divers (lumière dans le cas du $Cu^2O$/56, CuBr/56, $MoO^3$/56), température dans mes essais avec ZnSe, CdS, $SnO^2$.

A une température que je n'ai pas pu déterminer, il doit exister un point de transformation, dans lequel s'opère un changement de structure accompagné d'une charge statique suffisante pour repousser entre elles les particules de la substance pulvérulente tassées dans le creuset.

La forme allongée du creuset de Tammann semble particulièrement apte à mettre ce phénomène en évidence.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la thermochimie des solutions aqueuses des sulfates de zinc, d'aluminium et de manganèse.* Note de M. **J. Perreu**.

J'ai déterminé, à 17°, les chaleurs de dissolution et de dilution relatives aux sulfates, de zinc ($SO^4Zn, 7H^2O$), d'aluminium [$(SO^4)^3Al^2, 18H^2O$], et de manganèse ($SO^4Mn, 5H^2O$). Ces mesures ont été effectuées à l'aide du calorimètre de Berthelot, suivant une technique exposée dans de précédentes Notes [2].

Voici la signification des notations employées :

$p$ est la concentration des solutions, en grammes d'hydrate, pour $100^g$ d'eau libre;
$c$ est la concentration moléculaire en sel, ou le nombre de molgs [3] de sel, par molg d'eau totale (C pour la saturation);

(1) *Loc. cit.*
(2) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 167, 285 et 462.
(3) Lire molg : molécule-gramme.

$h = 1/c$ est le nombre de molgs d'eau totale par molg de sel; $s$ est le nombre de molgs d'eau liée par molg d'hydrate;

$q_c$ est la chaleur différentielle de dissolution de l'hydrate pour la concentration $c$;

$q_0$ et $q_C$ sont respectivement la chaleur initiale et la chaleur limite de dissolution);

$L_c$ est la chaleur intégrale de dilution de la masse de solution de concentration $c$, renfermant 1 molg d'hydrate;

$\mathcal{L}_c^{c'}$ est la chaleur intermédiaire de dilution de cette même masse de solution. de la concentration $c$ à une concentration $c'$, voisine de zéro qui représente la concentration obtenue dans la mesure de $q_0$;

$a_c$ est la chaleur d'addition de la solution de concentration $c$, dégagée en ajoutant à un très grand excès de cette solution le nombre de molgs d'eau libre, $h - s = (1 - sc)/c$, correspondant à la molg d'hydrate;

1° *Sulfate de zinc* $SO^4Zn$, 7 aq. — J'ai obtenu $q_0$, en dissolvant la molg d'hydrate dans 532 molgs d'eau. $c' = 0,00185$; $h' = 539$.

| $p$. | $c$. | $h$. | $q_c$. | $\mathcal{L}_c^{0,00185}$. |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | ∞ | $q_0 = -4^{cal},05$ | – |
| 10 | 0,006 | 166,67 | −4,22 | $0^{cal},02$ |
| 25 | 0,0141 | 70,20 | −4,47 | 0,05 |
| 50 | 0,0257 | 38,93 | −4,75 | 0,10 |
| 75 | 0,0353 | 28,29 | −4,98 | 0,18 |
| 100 | 0,0435 | 22,97 | −5,21 | 0,27 |
| 120 | 0,0492 | 20,31 | −5,31 | 0,38 |
| 130 | 0,0518 | 19,28 | −5,38 | 0,44 |
| 140 | 0,0543 | 18,41 | −5,42 | 0,50 |
| 150 | 0,0566 | 17,64 | −5,47 | 0,56 |
| 156 (sat.) | C = 0,0580 | 17,24 | $q_C = -5,50$ (extrap.) | 0,60 |
| 160 (sursat.) | 0,0591 | 16,91 | – | 0,62 |

$a_C$ mes., $0^{cal},86$; calc., $0^{cal},87$, $q_C$ extrap., $-5^{cal},50$; calc., $-5^{cal},51$,

$$a_C = c(1 - sc)\frac{dL_c}{dc} = -(h - s)\frac{dL_c}{dh}, \qquad q_C = q_0 - \mathcal{L}_C^{c'} - a_C.$$

La chaleur intermédiaire de cristallisation, $\mathcal{K}_{\mathcal{C}_2}^{\mathcal{C}_1}$, à 17°,5, de la molécule-gramme d'hydrate, dans une solution légèrement sursaturée, est $5^{cal},43$. Ce résultat, qui diffère très peu de la chaleur différentielle, $k_C$, de cristallisation, pour la saturation, est sensiblement égal à $-q_C$. On a $\mathcal{K}_{\mathcal{C}_1}^{\mathcal{C}_2}$ très peu différent de $-q_C$.

2° *Sulfate d'aluminium* $(SO^4)^3Al^2$, 18 aq. — Dans la mesure de $q_0$, j'ai dissous la molg d'hydrate dans 2467 molgs d'eau. $c' = 0,0004$; $h' = 2485$.

| $p$. | $c$. | $h$. | $q_c$. | $\mathcal{L}_c^{0,0004}$. |
|---|---|---|---|---|
| | | | cal | |
| 0 ............ | 0 | ∞ | $q_0 = 8,32$ | – |
| | | | | cal |
| 5 ............ | 0,00132 | 758 | 7,65 | 0,75 |
| 10 ............ | 0,00258 | 388 | 6,80 | 0,95 |
| 20 ............ | 0,00492 | 203 | 5,63 | 1,32 |
| 40 ............ | 0,00905 | 110,5 | 3,15 | 2,07 |
| 60 ............ | 0,0125 | 79,667 | 1,52 | 2,73 |
| 75 ............ | 0,0148 | 67,33 | 0,60 | 3,31 |
| 90 ............ | 0,0169 | 59,11 | 0,08 | 3,89 |
| 93 ............ | 0,0173 | 57,78 | 0,00 | 4,01 |
| 100 ............ | 0,0182 | 55 | −0,16 | 4,32 |
| 104 (sat.) ....... | $C = 0,01866$ | 53,58 | $q_C = -0,22$ (extrap.) | 4,49 |
| 107 (sursat.) .... | 0,0190 | 52,58 | – | 4,60 |

$a_C$ mes., $4^{cal},03$; calc., $4^{cal},05$; $q_C$ extrap., $-0^{cal},22$; calc., $-0^{cal},21$;

Il y a donc à 17° un point mort pour $c = 0,0173$.

3° *Sulfate manganeux* $SO^4Mn, 5aq.$ — $q_0$ a été déterminée en dissolvant la molg d'hydrate dans 334,7 molg d'eau. $c' = 0,00294$; $h' = 339,7$.

| $p$. | $c$. | $h$. | $q_c$. | $\mathcal{L}_c^{0,00294}$. |
|---|---|---|---|---|
| | | | cal | |
| 0 ............ | 0 | ∞ | $q_0 = +0,07$ | – |
| | | | | cal |
| 10 ............ | 0,0072 | 138,85 | −0,20 | 0,09 |
| 20 ............ | 0,0139 | 71,925 | −0,41* | 0,17 |
| 25 ............ | 0,0171 | 58,54 | −0,60 | 0,23 |
| 50 ............ | 0,0315 | 31,77 | −1,10 | 0,37 |
| 75 ............ | 0,0437 | 22,85 | −1,58 | 0,61 |
| 100 ............ | 0,0549 | 18,385 | −1,97 | 0,88 |
| 125 ............ | 0,0637 | 15,71 | −2,31 | 1,14 |
| 140 ............ | 0,0687 | 14,56 | −2,46 | 1,26 |
| 150 ............ | 0,0718 | 13,92 | −2,54 | 1,35 |
| 155,5 (sat.) ..... | $C = 0,0734$ | 13,61 | $q_C = -2,59$ (extrap.) | 1,39 |

$a_C$ mes., $1^{cal},31$; calc., $1^{cal},33$., $q_C$ extrap., $-2^{cal},59$; calc., $-2^{cal},63$.

Il y a à 17° un point mort pour $c = 0,0022$. J'ai en outre déterminé les chaleurs de dissolution limites, $q_{1C}$ et $q_{2C}$, du pentahydrate et de l'heptahydrate, à 9° C. (point de transition). A cette température, la concentration de la solution saturée est : $C = 0,0705$; $h = 14,168$. J'ai trouvé, à 9° :

Pentahydrate : $q_0$, $-0^{cal},26$; $\mathcal{L}_c^{0,00294}$, $1^{cal},13$; $a_C$, $1^{cal},11$, $q_{1C} = -2^{cal},50$,
Heptahydrate : $q_0$, $-3^{cal},47$; $\mathcal{L}_c^{0,00294}$, $+1^{cal},12$; $a_C$, $0^{cal},88$, $q_{2C} = -5^{cal},47$.

Ces deux résultats permettent de vérifier le corollaire de la loi de solubilité relatif à ce point anguleux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cristallisation des corps vitreux.* Note de M. **Paul Mondain-Monval**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons montré que le soufre et le sélénium vitreux présentent, comme les verres, à une température déterminée θ, un changement brusque de leurs propriétés physiques ([1]); à — 29° C. pour le soufre et à + 32° C. pour le sélénium.

En poursuivant ces recherches, nous avons constaté que la cristallisation de ces substances vitreuses, leur *dévitrification*, ne débute que lorsque leur température dépasse θ.

Un échantillon de sélénium vitreux est placé dans un thermostat réglé à + 35°. Au bout d'une heure, l'aspect du métalloïde s'est sensiblement modifié, la surface de l'échantillon présentant une sorte de dépoli, indice d'un début de cristallisation. Ce changement d'aspect est d'autant plus rapide que la température du thermostat est plus élevée. En revanche, du sélénium vitreux maintenu pendant cinq jours à + 27°, donc à une température inférieure à $\theta$, n'a présenté aucune trace de cristallisation.

Des expériences analogues ont été effectuées parallèlement sur divers échantillons de soufre mou fraîchement trempé. Cette substance, abandonnée au-dessous de — 30° C. pendant 24 heures, est demeurée parfaitement amorphe, comme il a été constaté au microscope polarisant. Au contraire, maintenue pendant six heures à — 21°, elle a montré une biréfringence sensible, indice d'un début de cristallisation.

Nous avons précisé ces données qualitatives par des mesures de vitesses de cristallisation.

La cristallisation est accompagnée d'une diminution de volume spécifique et peut être suivie par dilatométrie. Les mesures, dont le détail sera exposé ailleurs, ont donné pour ces vitesses les résultats suivants, exprimés en unités arbitraires (déplacements, en millimètres par minute, d'un ménisque de dilatomètre pour le sélénium et d'un curseur de balance pour le soufre).

*Sélénium.*

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$° C....... | +29 | +33,2 | +35 | 40,1 | 45,6 | 51,1 | 55,4 | 60,3 | 70,0 |
| Vmm./min. | 0 | 0 | 0,023 | 0,126 | 0,354 | 0,600 | 1,14 | 1,67 | 6,50 |

*Soufre.*

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$° C....... | —33 | —21 | —16 | —10,6 | +0,3 | +5,2 | 14,0 | 19,9 | 24,5 | 29,7 | 38,3 |
| Vmm./min. | 0 | 0,001 | 0,0045 | 0,0070 | 0,0214 | 0,031 | 0,050 | 0,082 | 0,15 | 0,30 | 0,40 |

(1) P. Mondain-Monval et P. Galet, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 120, et *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **49**, 1931, p. 1195.

Ces chiffres, rapprochés des observations optiques précédentes, montrent nettement que les vitesses de cristallisation du soufre et du sélénium vitreux, pratiquement nulles au-dessous de la température de transformation $\theta$ (Se $= +32^\circ$, S $= -29^\circ$), croissent très rapidement au-dessus.

Cette température apparaît donc comme une limite au-dessous de laquelle les forces cristallines qui s'exercent entre molécules à l'intérieur des cristaux ne seraient plus assez puissantes pour vaincre les résistances passives et provoquer l'orientation et le groupement des molécules relativement désordonnées de la substance vitreuse.

Cela nous a conduit à nous demander si pour les corps susceptibles d'être étudiés, non seulement à l'état vitreux mais encore à l'état cristallisé sous deux variétés allotropiques distinctes, les vitesses de transformation des variétés cristallisées métastables en leur modification stable ne devaient point s'annuler pour une certaine température, coïncidant précisément avec $\theta$, température limite de cristallisation de ces mêmes corps à l'état vitreux. Cette hypothèse semble parfaitement vérifiée par les expériences suivantes relatives au soufre et au sélénium.

D'après d'anciennes déterminations de Gernez ([1]), la vitesse de transformation du soufre orthorhombique stable $S_\alpha$ en soufre monoclinique métastable $S_\beta$ est extrêmement faible à $-23^\circ$C. Nous avons répété de semblables mesures à différentes températures. A cet effet, nous *vaccinions* avec $S_\alpha$ un échantillon de $S_\beta$, le photographions à grande échelle, le maintenions à température fixe dans un thermostat pendant un temps déterminé et le photographions à la sortie. La comparaison des clichés nous permettait d'apprécier la vitesse de transformation. Les expériences ont été effectuées à $+25^\circ$, $+15^\circ$, $0^\circ$, $-10^\circ 6$, $-21^\circ$ et $-35^\circ$. Elles accusent une transformation nette quoique lente à $-21^\circ$, mais rigoureusement nulle, après une centaine d'heures, à $-35^\circ$, c'est-à-dire au-dessous de $\theta$.

Nous avons également étudié, à diverses températures, la vitesse de transformation du sélénium cristallisé rouge, métastable à la température ordinaire, en la variété stable noire, d'aspect métallique. A $+80^\circ$, en une dizaine de minutes, la transformation apparaît comme très avancée, sinon comme totale, par un noircissement de tout le cristal. A $50^\circ$, la transformation se révèle au microscope, au bout de 15 minutes, par l'apparition d'une quantité de petits points noirs. A $+35^\circ$ la transformation demande environ 4 heures pour se manifester. A $+27^\circ$ au contraire, c'est-à-dire au-dessous de $\theta$, elle est complètement arrêtée, le cristal bien amorcé, n'ayant présenté aucun changement d'aspect après huit jours; de même après plusieurs mois à la température ordinaire.

Il résulte de ces expériences que la transformation des variétés cristal-

---

([1]) Gernez, *Comptes rendus*, 100, 1885, p. 1382.

lisées métastables du soufre et du sélénium en la variété stable ne s'effectue plus au-dessous d'une certaine température, qui coïncide, dans la limite de précision des mesures, avec la température limite de cristallisation de ces mêmes substances, à l'état vitreux.

*Il existerait donc, pour les substances polymorphes, une température singulière au-dessous de laquelle la variété cristalline stable ne pourrait apparaître ni par transformation spontanée ou amorcée de la ou des variétés cristallisées métastables, ni par cristallisation du même corps à l'état vitreux.*

CHIMIE MINÉRALE. — *Propriétés chimiques des sulfures de titane.* Note de M. **Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous allons décrire les propriétés chimiques de différents sulfures de titane dont nous avons précédemment donné le mode de préparation.

Le chlore sec attaque tous ces composés à partir de 175° avec formation de chlorure de titane qui se volatilise.

Le brome sec en présence d'air fournit lentement un bromure dès la température ordinaire. Après 12 jours, la réaction est intégrale. En présence d'eau, l'oxydation du soufre est rapide et totale. On peut, de cette façon, doser ce dernier élément.

L'oxygène gazeux transforme ces sulfures à des températures peu élevées. On obtient de l'anhydride sulfureux à partir de 175° pour $S^5Ti^3$ et vers 200° pour $S^3Ti^2$ et $S^4Ti^3$. $S^5Ti^4$ ne fournit que des traces de composés d'oxydation jusqu'à 420°. Il se forme en même temps un sulfate basique et il se dégage des fumées blanches d'anhydride sulfurique aux températures supérieures à 300°.

La vapeur de soufre entrainée par un courant d'hydrogène, à une température d'au moins 800°, transforme les sulfures inférieurs en $S^5Ti^3$, mais avec une vitesse très lente; la réaction n'est pas encore complète en 1 heure.

L'eau n'agit pas à la température ordinaire, mais lentement, à partir de 250°. On observe la production d'acide sulfhydrique, d'oxyde de titane et de sulfate basique. Après 2 heures, la réaction est encore incomplète.

Le gaz chlorhydrique sec commence à réagir à 220° sur $S^5Ti^3$, à 200° sur $S^3Ti^2$, à 250° sur $S^4Ti^3$ et à 315° sur $S^5Ti^4$. La solution aqueuse du même acide concentré ou dilué ne fournit que des traces d'acide sulfhydrique après un contact à froid prolongé pendant 24 heures. Au bain-marie, l'attaque est encore très lente, nulle pour $S^5Ti^4$ et plus rapide avec le dérivé le plus sulfuré $S^5Ti^3$.

L'anhydride sulfureux agit comme oxydant. Les débuts de réaction s'observent respectivement à 185°, 205°, 210° et 225° sur ces composés rangés dans l'ordre de leurs teneurs croissantes en soufre. Toutefois, il faut arriver à 300°, 400°, 400° et 460° pour obtenir une vitesse appréciable de réaction. Il se forme du soufre, le titane passe à l'état d'oxyde et de sulfate basique.

L'acide sulfurique concentré et froid est sans action. On note cependant des traces d'acide sulfhydrique avec $S^4Ti^3$. A chaud, l'attaque est rapide avec formation de soufre et d'anhydride sulfureux. Le titane donne une solution violette de sulfate du métal trivalent.

L'acide sulfhydrique au-dessus de 800° transforme en moins d'une heure les dérivés moins sulfurés en $S^5Ti^3$.

L'ammoniac en solution acqueuse est sans action sur le composé $S^5Ti^4$ même à chaud; $S^3Ti^2$ ne subit qu'une attaque infinitésimale; $S^4Ti^3$ puis $S^5Ti^3$ ne sont qu'à peine désulfurés. A l'état gazeux et parfaitement desséché le même gaz réagit à 1000°. Aprés 1 heure on obtient un corps brun rouge foncé présentant des points brillants ayant la teinte du bronze; c'est de l'azoture NTi, encore mélangé de près de 50 pour 100 de sulfure.

L'acide azotique concentré attaque assez rapidement ces composés. A froid, $S^5Ti^3$ fournit immédiatement du soufre, des vapeurs nitreuses et beaucoup de sulfate. L'attaque des autres sulfures ne commence qu'après quelques minutes. Le même acide dilué ne réagit nettement à froid que sur $S^5Ti^3$. A chaud $S^3Ti^2$ et $S^5Ti^4$ se transforment très lentement et $S^5Ti^3$ se dissout complètement.

L'anhydride carbonique sec réagit à partir de 600° : on obtient du soufre, de l'oxyde de carbone, et il reste comme résidu de l'oxyde de titane. La réaction n'est complète qu'après plusieurs heures vers 800°.

A la température de 1000° en présence d'hydrogène, le magnésium enlève une certaine quantité de soufre à ces composés, sans que nous ayons pu, en une chauffe d'une heure, obtenir une désulfuration complète du métal.

L'action de la lessive de soude à froid croît avec la proportion de soufre qui existe dans le composé : ainsi $S^5Ti^4$ n'est pas attaqué; mais $S^5Ti^3$ l'est très lentement. A l'ébullition, même résultat pour $S^5Ti^4$, et action complète bien qu'assez lente, avec $S^5Ti^3$. Le soufre seul est solubilisé.

Les oxydants en solution aqueuse ont, en général, une action lente. Le ferricyanure de potassium n'agit même sensiblement pas. Le permanganate de potassium à la dilution de 5 pour 100 n'oxyde pas totalement en 48 heures. Le soufre se dissout à l'état de sulfate de potassium pendant que

le titane reste insoluble mélangé à de l'oxyde noir de manganèse. L'eau oxygénée en solution neutre fournit une action lente, mais sensiblement complète en 48 heures. Une partie du métal reste insoluble à l'état de peroxyde hydraté jaune, mélangé de sulfate basique. Le composé le plus sulfuré $S^5Ti^3$ s'attaque beaucoup plus rapidement que les autres.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau mode de formation du nitrure de phosphore* $P^3N^5$. Note de MM. **Henri Moureu** et **Armand Marie de Ficquelmont**, présentée par M. Delépine.

Un des procédés les plus simples d'obtention du phospham $PN^2H$ est, semble-t-il, celui de Couldridge ([1]), qui consiste à faire passer du gaz ammoniac sec sur le trimère du bichloronitrure de phosphore $(PNCl^2)^3$, fondu,



$$P^3N^3Cl^6 + 3NH^3 = 3PN^2H + 6HCl.$$

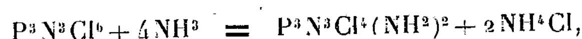
Ayant dû faire appel à cette réaction pour la poursuite d'études en cours, nous avons reconnu que son mécanisme était beaucoup plus complexe que ne l'indique le schéma précédent.

Le produit finalement obtenu, s'il possède, en effet, une composition en phosphore et azote assez proche de celle du phospham, contient toujours une certaine quantité de chlore (2 à 3 pour 100), qu'il est impossible d'éliminer complètement, même par un chauffage prolongé dans un courant d'ammoniac à 450°, température à laquelle le phospham est encore stable dans ces conditions. L'étude que nous avons effectuée a montré que la présence de chlore manifeste l'existence d'un composé chloré, stable à 450°, et résultant, comme on le verra plus loin, d'une réaction secondaire se produisant à côté de la réaction principale qui donne naissance au phospham. La transformation précédente ne permet donc pas d'atteindre le phospham pur; mais l'étude de son mécanisme nous a mis sur la voie d'un nouveau mode de formation du nitrure de phosphore $P^3N^5$.

1° *Chloramine du trimère du bichloronitrure de phosphore.* — Les produits volatils qui viennent se condenser, au cours de la réaction précédente, sur les parties froides de l'appareil utilisé, sont constitués, en majeure partie, par du chlorure d'ammonium, et par du chloronitrure de phosphore ayant

([1]) *J. Chem. Soc.*, 53, 1888, p. 398.

échappé à l'action de l'ammoniac. Mais, à côté d'eux, nous avons réussi à isoler un composé intermédiaire bien cristallisé : ce corps est identique à celui qui résulte, suivant divers auteurs, d'une action incomplète de l'ammoniac sur des solutions de chloronitrure de phosphore dans l'éther, le benzène ou le tétrachlorure de carbone; il répondrait à l'une des formules $P^3N^3Cl^4(NH^2)^2$ d'après Stokes (1), ou $P^2N^2Cl^3NH^2$ suivant les travaux de Besson et Rosset (2). Ces divergences nous ont incités à reprendre les expériences de nos prédécesseurs; le produit obtenu est en réalité le même dans tous les cas, il se forme suivant l'équation



$$P^3N^3Cl^6 + 4NH^3 = P^3N^3Cl^4(NH^2)^2 + 2NH^4Cl,$$

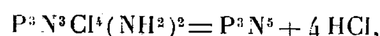
et doit être considéré comme la tétrachlorodiamine du chloronitrure de phosphore; cette formule se trouve confirmée à la fois par les résultats analytiques et les mesures de poids moléculaire (ébullioscopie dans l'éther) que nous avons effectuées sur ce composé, et par l'étude de sa décomposition thermique.

| | Calculé pour | | Trouvé | |
|---|---|---|---|---|
| | $P^3N^3Cl^4(NH^2)^2$. | $P^2N^2Cl^3NH^2$. | I. | II. |
| P pour 100..... | 30,14 | 29,22 | 30,2 | 30,1 |
| N » ..... | 22,66 | 19,78 | 22,2 | 22,1 |
| Cl » ..... | 45,90 | 50,06 | 46,4 | 46,2 |
| Poids molécul... | 309 | 212,5 | 286 - 306 - 322 - 297 | |

2° *Action de la chaleur sur la tétrachlorodiamine.* — La tétrachlorodiamine $P^3N^3Cl^4(NH^2)^2$ est un composé blanc, soluble dans les solvants organiques usuels, en particulier l'éther et le benzène anhydres, très sensible à l'humidité, cristallisé en longues aiguilles feutrées fondant au bloc Maquenne à 162°, et sublimables sous vide à cette température. Chauffée dans le vide, cette chloramine subit entre 170° et 180° une décomposition brutale avec perte d'acide chlorhydrique. A 600° la quantité totale de gaz dégagé correspond au départ de 3,5 molécules d'acide chlorhydrique par molécule de chloramine initiale, résultat que confirme l'analyse du produit résiduel. Si l'on poursuit alors le chauffage dans un courant d'ammoniac, l'acide chlorhydrique achève de se dégager entre 800° et 825°, et le composé final, exempt de chlore, est constitué par du nitrure de phosphore $P^3N^5$.

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 17, 1895, p. 275.
(2) *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 1149.

La décomposition thermique de la chloramine s'effectue donc sensiblement suivant l'équation

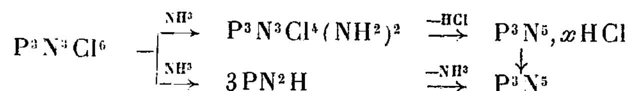


$$P^3N^3Cl^4(NH^2)^2 = P^3N^5 + 4\,HCl,$$

en passant par l'intermédiaire d'une série de dérivés chlorés amorphes, mal définis, que l'on retrouve également à côté du phospham dans la réaction de Couldridge, et qui répondent à la composition globale $P^3N^5$, $x$ HCl.

3° *Transformation du trimère du bichloronitrure de phosphore en nitrure de phosphore.* — Les expériences précédentes montrent que l'on doit pouvoir passer du chloronitrure au nitrure de phosphore en chauffant progressivement ce premier composé dans un courant d'ammoniac jusqu'à une température convenable (825° à 850°). C'est ce que confirme l'expérience. Voici, à titre d'exemple, les valeurs analytiques trouvées pour un échantillon de nitrure de phosphore obtenu par ce procédé : trouvé pour 100, P, 58,2; N, 41,98. Calculé pour $P^3N^5$ : P, 57,06; N, 42,94.

Quant au mécanisme de la transformation que nous pouvons, dans l'état actuel de nos recherches, traduire par le schéma ci-dessous :



$$P^3N^3Cl^6 \begin{cases} \xrightarrow{NH^3} P^3N^3Cl^4(NH^2)^2 \xrightarrow{-HCl} P^3N^5, x\,HCl \\ \xrightarrow{NH^3} 3\,PN^2H \xrightarrow{-NH^3} P^3N^5 \end{cases}$$

il paraît procéder au moins d'une double série de réactions :

1° formation intermédiaire de la tétrachlorodiamine et des produits qui en dérivent, comme on vient de le voir;

2° passage intermédiaire par le phospham qui, lui aussi, se transforme en nitrure de phosphore, suivant le processus que l'un de nous a précédemment fait connaître (¹).

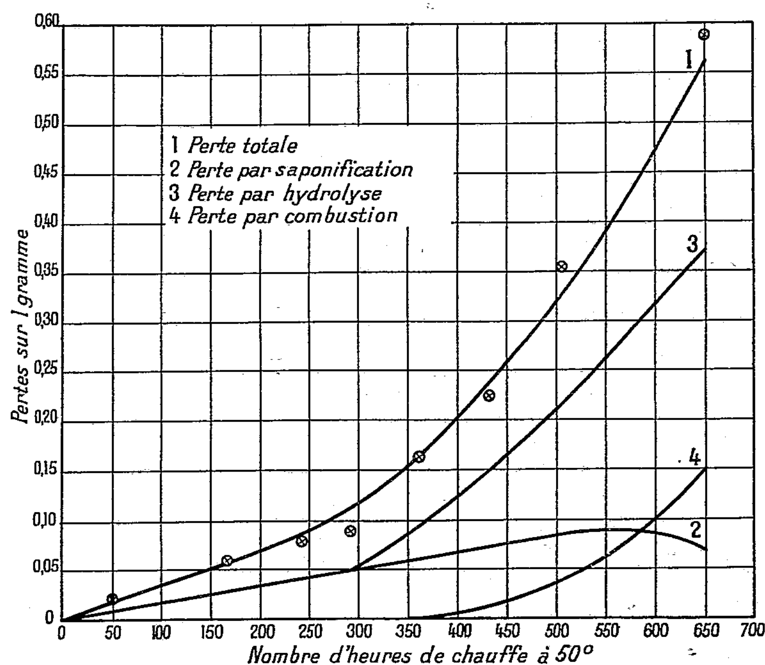
CHIMIE ORGANIQUE. — *Stabilité des nitrocelluloses : étude de la saponification, de l'hydrolyse et de la combustion dans l'acide nitrique dilué.* Note (²) de M. **Desmaroux**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons indiqué (³) que le chauffage à température modérée de la nitrocellulose dans de l'acide nitrique dilué nous paraissait être le système le

(¹) H. Moureu et P. Rocquet, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1643.
(²) Séance du 26 mars 1934.
(³) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1394.

plus simplifié qui permît de représenter les réactions qui doivent se produire dans une tache d'avarie de la poudre. Nous avons cherché à séparer ces réactions.

Les principales peuvent être : 1° une saponification des groupes nitrates; 2° une hydrolyse des liaisons qui lient entre eux par l'oxygène les résidus de glucose d'une chaîne; 3° une destruction du noyau par combustion. La saponification des groupes nitrates peut être suivie par les dosages de l'azote; la combustion, en recueillant les gaz qui se dégagent. Nous avons enfin admis que l'hydrolyse des liaisons entre résidus de glucose était pro-




portionnelle à la dissolution dans l'acide nitrique de la nitrocellulose; cette hypothèse se justifie en considérant que l'hydrolyse raccourcit la chaîne, c'est-à-dire la rend soluble. La mesure de la perte de poids totale permet une vérification : elle doit être égale à la somme des pertes particulières.

L'appareil se composait d'une série de tubes identiques plongés dans un thermostat. Dans chaque tube on chauffait à 50°, à l'abri de l'air, 3g d'une nitrocellulose à 13,4 pour 100 d'azote baignée dans 70g d'acide nitrique à 25 pour 100 de $NO^3H$. Un des tubes permettait de recueillir sur la cuve à mercure les gaz qui se dégageaient, d'en mesurer le volume et de les analyser. A des intervalles déterminés, un des autres tubes était retiré. On

séparait par filtration sur verre la nitrocellulose d'avec le bain nitrique. Sur le coton-poudre, on mesurait le poids total résiduel et le taux d'azote; sur le bain, par combustion humide, la quantité de nitrocellulose dissoute (méthode Berl modifiée).

La figure représente ces différentes pertes. Les points marqués au voisinage de la courbe des pertes totales représentent la somme des pertes individuelles 2 + 3 + 4. On voit que la vérification est satisfaisante.

Les pertes par saponification et par hydrolyse sont égales pendant les 300 premières heures de chauffage. Puis elles se séparent. Mais on ne peut déduire de ces courbes le rapport de la vitesse d'hydrolyse à la vitesse de saponification, pour la raison que les pertes se rapportent seulement à la partie de la nitrocellulose restée insoluble. C'est ainsi que la courbe 2 passe par un maximum.

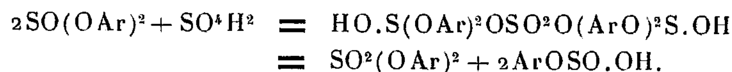
Un point important est que la combustion ne commence qu'après 360 heures de chauffage. Elle ne doit porter que sur la nitrocellulose déjà fortement hydrolysée et dissoute. Elle s'accélère rapidement (la fin de la courbe non figurée se relève fortement). Mais après 650-700 heures de chauffage les autres pertes ne peuvent plus être suivies : la nitrocellulose s'est à ce point délitée qu'elle se met en suspension dans l'eau et ne peut être séparée par filtration.

Les pressions osmotiques de ces nitrocelluloses progressivement chauffées ont été mesurées dans l'acétone par la méthode de M. Jean Grard. Elles croissent linéairement avec la durée de chauffage.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les prétendus acides triarylorthosulfureux de Richter*. Note de M. **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

D'après M. M. Richter (1) la réaction de l'acide sulfurique concentré sur les sulfites neutres d'aryle donnerait des substances qu'il appelle sulfates d'acides triarylorthosulfureux $(ArO)^3SO.SO^2.OS(OAr)^3$.

Ces composés seraient des dérivés de l'acide orthosulfureux hypothétique $S(OH)^4$, leur formation s'expliquerait par la production intermédiaire d'un sulfate neutre d'aryle et d'acide arylsulfureux suivant :



$$2SO(OAr)^2 + SO^4H^2 = HO.S(OAr)^2OSO^2O(ArO)^2S.OH$$
$$= SO^2(OAr)^2 + 2ArOSO.OH.$$

(1) M. M. Richter, *Lieb. Ann.*, 416, 1918, p. 291.

Ce sulfate se combinerait aussitôt avec deux autres molécules de sulfite pour former le sulfate d'acide triarylorthosulfureux, tandis que l'acide arylsulfureux instable se décomposerait en phénol correspondant et gaz sulfureux :



$$SO^2(OAr)^2 + 2SO(OAr)^2 = (ArO)^3S.O.SO^2.O.S(OAr)^3.$$

Les faits suivants démontrent que ces sulfates d'acides triarylorthosulfureux sont en réalité des sulfates de trioxytriarylsulfonium analogues ou identiques à ceux récemment isolés par nous (1), correspondant à la constitution



$$(HOAr)^3.S.O.SO^2.O.S.(ArOH)^3.$$

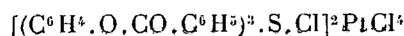
1° Ces composés, traités par le chlorure de benzoyle en présence de soude, fournissent des dérivés tétrabenzoylés identiques à ceux que l'on obtient à partir des chlorures de trioxytriarylsulfonium. Or les formules proposées par Richter, dans lesquelles il n'y a pas de groupement oxhydryle libre, ne permettent pas d'expliquer la formation de dérivés benzoylés.

Ainsi le sulfite de phényle, transformé en dérivé de Richter par action de $SO^4H^2$, fournit un dérivé tétrabenzoylé qui fond à 35° et qui a été identifié avec le dérivé tétrabenzoylé de la base de trioxytriphénylsulfonium $(C^6H^4O.CO.C^6H^5)^3S.O.CO.C^6H^5$ décrit par Carré et Libermann (2). De même le sulfite d'*o*-crésyle conduit à un produit fondant à 39°-40° qui est identique au dérivé tétrabenzoylé de la base de *o-o'-o''*-trioxytritolylsulfonium (1).

2° On peut transformer les sulfates obtenus par Richter en chlorures en les traitant par l'alcool chlorhydrique vers 70°. Ces chlorures sont identiques aux chlorures de trioxytriarylsulfonium (1).

Le chlorure obtenu par Richter à partir du sulfite de phényle fondait avec décomposition vers 256°, mais purifié par cristallisation dans l'eau chlorhydrique il fond vers 261° comme le chlorure de trioxytriphénylsulfonium. Le chlorure obtenu à partir de sulfite d'*o*-crésyle fond vers 190° comme le chlorure de *o-o'-o''*-trioxytritolylsulfonium.

3° Ces chlorures, benzoylés en présence de pyridine, fournissent avec $Cl^4Pt$ des chloroplatinates des dérivés tribenzoylés. Ainsi, on peut obtenir, à partir du sulfite de phényle, le chloroplatinate de formule



$$[(C^6H^4.O.CO.C^6H^5)^3.S.Cl]^2PtCl^4$$

---

(1) D. Libermann, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 921.
(2) P. Carré et D. Libermann, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 275.

qui fond à 165°-168° comme le produit obtenu par Carré et Libermann (*loc. cit.*) et Smiles et Le Rossignol ([1]).

4° En traitant les chlorures de trioxytriarylsulfonium par le cyanure de sodium en solution alcoolique, on peut obtenir les bases libres de sulfonium ([2]). Ces bases se sont révélées identiques aux acides triarylorthosulfureux obtenus par Richter en traitant ses sulfates par un alcali et le chlorhydrate de pyridine. Les sels de pyridine ainsi obtenus s'hydrolysent ensuite facilement par l'eau. D'ailleurs en traitant les chlorures de Richter par CNNa on obtient les mêmes produits.

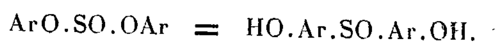
En effet, l'hydroxyde de trioxytriphénylsulfonium $(HO.C^6H^4)^3.S.OH$ fond à 235° comme l'acide triphénylorthosulfureux de Richter. De même l'hydroxyde de *o-o'-o"*-trioxytritolylsulfonium fond à 264° comme le produit correspondant de Richter.

5° Finalement, en partant des bases de trioxytriarylsulfonium, on peut arriver aux sulfates de Richter. Il suffit dans ce but de les précipiter de leurs solutions alcalines par l'acide sulfurique étendu.

Ainsi le sulfate de *o-o'-o"*-trioxytritolylsulfonium, cristallisé dans l'acide formique, fond à 296° comme le produit correspondant de Richter.

Signalons enfin que les autres propriétés des dérivés de Richter se sont révélées identiques à celles des dérivés de sulfonium.

Pour expliquer la formation des sulfates de trioxytriarylsulfonium par l'action d'acide sulfurique sur les sulfites d'aryle, on peut supposer que ces derniers subissent une isomérisation en donnant des *p-p'*-dioxydiarylsulfoxydes correspondants suivants :



$$ArO.SO.OAr = HO.Ar.SO.Ar.OH.$$

Les sulfoxydes se condensant sous l'influence de $SO^4H^2$ avec les phénols, provenant eux-mêmes de la saponification partielle des sulfites, peuvent fournir les bases de sulfonium qui se transformeraient immédiatement en sulfates.

On peut considérer comme preuve indirecte de ce point de vue le fait que les sulfites des phénols *p*-substitués (*p*-crésol, *p*-chlorophénol, etc.) ne donnent pas de dérivés de sulfonium par l'action de $SO^4H^2$.

---

([1]) SMILES et LE ROSSIGNOL, *J. Chem. Soc.*, 89, 1906, p. 697-705.
([2]) D. LIBERMANN, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1425.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure de nitrosyle sur quelques carbures aromatiques.* Note [1] de M. **Roger Perrot**, présentée par M. G. Urbain.

L'étude des hydrocarbures éthyléniques faite par Tilden [2] et ses collaborateurs a montré qu'au voisinage de 0° sous l'action de ce chlorure, on obtient soit des chloronitrosites, soit des produits simplement chlorés. Par contre, à la lumière solaire Lynn [3], Hilton et Arkley ont isolé des oximes à partir de carbures saturés. En outre la catalyse de cette réaction au moyen du chlorure d'aluminium anhydre dans le cas du benzène et du toluène n'a conduit Schaarschmidt [4] qu'à des mélanges d'analyse difficile dans lesquels ont été caractérisées de petites quantités de produits nitrés et du *p*-amino-diphényle provenant de la condensation de produits nitrosés.

Je me suis proposé l'étude de l'action de ce chlorure d'acide sur des carbures aromatiques appartenant à diverses classes dans le but d'en préciser le mécanisme par l'analyse quantitative. Le mode opératoire a consisté à abandonner le mélange à examiner contenu dans des tubes scellés sous vide, soit à la température de 150°C., soit à la température ordinaire, à l'action de la lumière solaire. L'analyse de la phase gazeuse, après disparition du chlorure de nitrosyle, permet de faire la discrimination entre les réactions d'oxydation et de substitution. Les conclusions déduites ainsi furent du reste vérifiées par l'identification des principaux produits formés. Les durées nécessitées par la destruction du chlorure ont été comprises entre les limites suivantes :

A 100° C., la décoloration s'observe déjà au bout de 1 heure avec l'anthracène alors que le naphtalène, le fluorène et les carbures arylaliphatiques demandent, à 150°, de 5 à 7 heures. Leurs dérivés halogénés dans la chaîne exigent en général des durées un peu plus longues. Par contre, avec le benzène ou le diphényle en 30 heures il n'y a pas décoloration à cette température. A 200°, on l'observe en 15 heures avec le benzène et, à 250°, au bout de 2 heures. Ce domaine de température perd du reste de l'intérêt à cause de la multiplicité des effets chimiques qui s'y produisent.

La série des hydrocarbures figurant au tableau ci-après a présenté

---

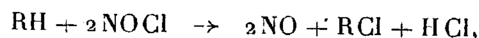
(1) Séance du 9 avril 1934.

(2) Tilden, *Journ. Chem. Soc. London*, 63, 1893, p. 479; 65, 1894, p. 325.

(3) Lynn, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 645; 45, 1923, p. 1045.

(4) Schaarschmidt, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 58 (I), 1925, p. 348.

jusqu'à 150° une évolution conforme au schéma



$$RH + 2NOCl \rightarrow 2NO + RCl + HCl,$$

comme le prouve l'absence d'azote moléculaire dans la phase gazeuse et le fait que la presque totalité de l'azote du chlorure se retrouve à l'état de gaz NO. Les mélanges utilisés ont été formés par $2^{mol}$ de chlorure pour $1^{mol}$ d'hydrocarbure accompagnée d'un excès de 10 à 15 pour 100.

| Carbures. I. | Poids de NO Cl. II. | Poids d'azote corresp. III. | Volume NO. IV. | Poids d'azote corresp. V. | Volume H Cl. VI. | Rapports. V/III. VII. | Rapports. VI/IV. VIII. | Principaux produits formés. IX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g | g | cm³ | g | cm³ | | | |
| Toluène | 0,2018 | 0,0432 | 64,8 | 0,0405 | 39,2 | 0,94 | 0,60 | Chlorure de benzyle |
| Éthylbenzène | 0,1168 | 0,0250 | 37,2 | 0,0233 | 20,5 | 0,93 | 0,55 | Chlorure de phényléthyln |
| Diphénylméthane | 0,1220 | 0,0260 | 40,2 | 0,0251 | 21,5 | 0,96 | 0,53 | Diphénylchlorméthane |
| Triphénylméthane | 0,0770 | 0,0165 | 26,5 | 0,0166 | 9,9 | 1,00 | 0,38 | Triphénylchlorméthane |
| Fluorène | 0,1365 | 0,0292 | 47,5 | 0,0297 | 29,2 | 1,02 | 0,61 | Produits de condensation |
| Diphényle | 0,1945 | 0,0416 | 60,0 | 0,0375 | 24,2 | 0,90 | 0,40 | Chlordiphényle |
| Naphtalène | 0,1365 | 0,0292 | 46,2 | 0,0289 | 19,3 | 0,99 | 0,42 | α-chlornaphtalène |
| Anthracène | 0,4045 | 0,0865 | 134,0 | 0,0837 | 62,0 | 0,97 | 0,46 | 9.10-dichloranthracène |
| Chlorure de benzyle | 0,1870 | 0,0400 | 65,0 | 0,0406 | 48,5 | 1,01 | 0,75 | Chlorure de benzylidène |
| Chlorure de benzylidène | 0,1795 | 0,0384 | 61,0 | 0,0381 | 44,0 | 0,99 | 0,72 | Phénylchloroforme |

L'équivalence 1 H Cl pour 2 NO exigée par le schéma proposé plus haut exprimée sous forme de rapport dans la colonne VIII s'écarte notablement de la valeur 0,5. Cependant ces divergences s'interprètent aisément par la solubilité du gaz H Cl dans les produits de réaction pour les valeurs trop faibles, tandis que pour les valeurs trop fortes, c'est la condensation des produits d'halogénation accompagnée de dégagement de H Cl qui en est la cause.

Ces résultats permettent de conclure que le chlorure de nitrosyle se comporte vers 150° comme du chlore métalloïdique [1] vis-à-vis de ces hydrocarbures.

A la lumière solaire la caractéristique principale de l'évolution de ces mélanges est l'abondante formation d'azote atteignant suivant les cas de 50 à 60 pour 100 de l'azote du chlorure, tandis que la teneur en NO varie de 10 à 20 pour 100. Ces réactions se produisant à la température ordinaire

---

(1) Le degré de dissociation de NO Cl à la concentration moléculaire 0,03 des conditions moyennes de nos essais, calculé d'après l'équation de Trautz (*Zeit. anorg. Chem.*, **97**, 1916, p. 284) atteint à 150° C. la valeur de 0,10.

Les hydrocarbures étudiés n'ont fait que jouer le rôle d'accepteurs pour le chlore de dissociation thermique du chlorure de nitrosyle.

mettent en jeu la molécule entière du chlorure d'acide qui trouve dans les radiations solaires le complément d'énergie nécessaire à la manifestation de son pouvoir oxydant. Ces observations se rapportent aux produits suivants : toluène, éthylbenzène, anthracène, diphénylméthane, chlorure de benzyle et de phényléthyle. En plus des produits de chloruration et d'oxydation dans la plupart des cas de 10 à 20 pour 100 de l'azote restent fixés sous forme de dérivés isonitroso ou de nitrosochlorures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques acides stannoniques.*
Note de M. **M. Lesbre** et M^lle **G. Glotz**, présentée par M. G. Urbain.

Les acides méthyl-, éthyl-, propyl- et isopropylstannoniques, étudiés successivement par Meyer [1], Pfeiffer et Lenhardt [2], Pope et Peachey [3] et Druce [4], dérivent de l'acide stanneux comme les acides arsiniques dérivent de l'acide arsénieux et les acides sulfoniques de l'acide sulfureux; on les prépare par action directe des monohalogénures d'alcoyle sur les stannites alcalins en solution hydroalcoolique. Par exemple :



$$Cl^2Sn + 4HOK + ICH^3 \rightarrow CH^3SnO^2K + 2ClK + IK + 2H^2O.$$

En opérant à basse température, nous avons pu généraliser ces réactions et préparer une série de nouveaux acides alcoyl- ou arylstannoniques en faisant réagir des dérivés mono- ou polyhalogénés quelconques sur le stannite de potassium en milieu fortement alcalin — les éthers bromhydriques ou, de préférence, chlorhydriques convenant mieux que les éthers iodhydriques correspondants. Nous avons obtenu, entre autres, les nouveaux composés suivants :

*l'acide phénylstannonique* $C^6H^5SnO^2H$, à partir du monochloro- ou du monobromobenzène;
*l'acide benzylstannonique* $C^6H^5.CH^2SnO^2H$, à partir du chlorure de benzyle;
*l'acide α-naphtylstannonique* $C^{10}H^7SnO^2H$, à partir de l'α-chloronaphtalène;
*l'acide allylstannonique* $CH^2{=}CH.CH^2SnO^2H$, à partir du chlorure d'allyle;
*l'acide dichlorométhylstannonique* $CHCl^2SnO^2H$, à partir du chloroforme;
*l'acide bromo-1-éthylstannonique* $CH^2Br-CH^2SnO^2H$, à partir du bromure d'éthylène;

---

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, **16**, 1883, p. 1442.
(2) *Ber. d. chem. Ges.*, **36**, 1903, p. 1054.
(3) *Proc. roy. Soc. London*, **72**, 1903, p. 7.
(4) *Chem. News*, **120**, 1920, p. 229; *J. Chem. Soc.*, **121**, 1922, p. 1859.

*l'acide acétone-stannonique* $CH^3.CO.CH^2SnO^2H$, à partir de la monochloracétone.

Tous ces composés ont été précipités de leurs solutions alcalines par le gaz carbonique.

L'étain y était dosé à l'état de bioxyde, après combustion de la substance en présence d'acide nitrique fumant ($d = 1{,}5$).

Les acides stannoniques se présentent sous forme de poudres amorphes, infusibles, mais décomposables dès 50° à l'état humide. Ils sont insolubles dans l'eau et les solvants organiques, solubles dans les bases et les acides dilués. Comme l'hydroxyde stanneux, ce sont des composés *amphotères*.

A. Avec les *bases*, ils donnent des sels facilement hydrolysables et décomposables par l'acide carbonique. On peut toujours isoler les combinaisons définies $RSnO^2Na$, $RSnO^2K$, $RSnO^2Ag$, et, dans certains cas, les sels normaux de cuivre et de magnésium. Par contre, il n'a pas été possible d'isoler les sels d'ammonium ni les sels alcalino-terreux.

Les sels alcalins des acides stannoniques réagissent sur certains sulfates, nitrates ou chlorures métalliques en donnant des sels basiques insolubles, très instables : on peut ainsi isoler les composés $CoO,[RSnO^2]^2Co$, $NiO,[RSnO^2]^2Ni$,... et des sels plus complexes de mercure, de zinc et de manganèse.

B. D'autre part, les acides stannoniques se dissolvent daus les *hydracides* dilués en donnant des composés trihalogénés d'où l'ammoniaque ou les agents alcalins reprécipitent l'acide stannonique initial.

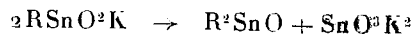
Les solutions bromhydriques ou chlorhydriques concentrées laissent déposer les acides cristallisés $[RSnCl^5]H^2$ et $[RSnBr^5]H^2$, susceptibles de donner des sels de potassium ou d'ammonium du type $[RSnX^5]K^2$, et, avec les bases organiques, des composés d'addition du type $[RSnX^5]Py^2H^2$. Dans tous ces composés, l'étain a un indice de coordination égal à 6.

En solution concentrée, les dérivés iodhydriques se décomposent en donnant l'iodure d'étain, selon la réaction



$$[RSnI^5]H^2 \rightarrow I^4Sn + RH + IH.$$

A l'ébullition, les solutions fortement alcalines d'acides stannoniques laissent déposer des *stannones* insolubles :



$$2RSnO^2K \rightarrow R^2SnO + SnO^3K^2$$

La réaction s'effectue d'autant plus facilement que le radical alcoyl est est moins lourd. Dans la série aromatique, cette réaction ne se produit pas.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse de bases quinoléiques β alcoylées dans le noyau pyridique.* Note de MM. **G. Darzens** et **Macence Meyer**, présentée par M. Béhal.

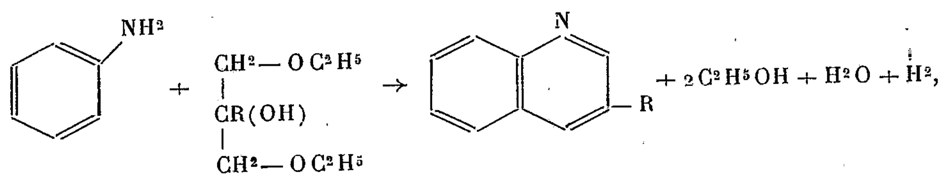
Les dérivés alcoylés de la quinoléine ou l'alcoyle est en position β dans le noyau pyridique ne sont que difficilement accessibles. Seule la méthode de Friedlander par condensation des aldéhydes avec l'aldéhyde orthoaminobenzoïque permet de les préparer directement; mais, sans doute, à cause de la difficulté de se procurer cette dernière matière première on a eu recours, pour la préparation de ces bases, à des méthodes indirectes basées sur la décomposition d'acides quinoléiques β alcoylés préparés eux-mêmes par oxydation de bases α-β dialcoylées plus accessibles par la méthode de Dœbner-Miller.

En fait, on ne connaît que les β-méthyl-, éthyl- et isopropylquinoléines qui n'ont été préparées qu'en très petite quantité en sorte que leur étude est assez incertaine.

Dans ces conditions il nous a semblé qu'une méthode générale permettant d'accéder facilement aux β alcoylquinoléines ne serait pas dénuée d'intérêt et nous avons cherché s'il n'était pas possible d'étendre la réaction de Skraup à la préparation de ces bases en substituant à la glycérine les β-alcoylglycérines dont la constitution symétrique exclut toute possibilité de formation de bases isomères.

Les β-alcoylglycérines étant d'obtention difficile, nous avons tenté de les remplacer soit par les diéthylines correspondantes dont nous avons donné dernièrement une méthode générale de préparation ([1]), soit par les diacétines souvent plus accessibles que les glycerols eux-mêmes.

Cette tentative s'est montrée particulièrement heureuse et elle nous a permis de réaliser une nouvelle méthode de synthèse des bases quinoléiques assez différente de la méthode de Skraup qui lui a servi de point de départ. Elle est basée, en ce qui concerne les diéthylines, sur la réaction suivante :




où R peut être de l'hydrogène ou un radical quelconque.

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 478.

On réalise cette réaction par l'action de l'acide sulfurique en présence d'un oxydant comme dans la réaction de Skraup, toutefois il y a avantage à remplacer le nitrobenzène ou l'acide arsénique généralement employés par le métanitrobenzène sulfonate de sodium qui se transforme en aniline, sulfonate ne gênant pas l'extraction de la base cherchée.

La technique suivante inspirée de la modification de la réaction de Skraup, donnée par l'un de nous en collaboration avec M. R. Delaby et M^lle Hiron ([1]), nous a donné les meilleurs résultats :

On mélange 92$^g$ (1$^{mol}$) d'aniline pure avec 120$^g$ d'acide sulfurique concentré; après refroidissement on ajoute 120$^g$ de nitrobenzène sulfonate de soude (0$^{mol}$,5) en poudre fine et 1$^{mol}$ de la diéthyline à condenser. Le tout est ensuite chauffé au bain d'huile à 130-135° et à l'ascendant pendant 8 heures avec bonne agitation. Il n'y a pas de réaction vive mais une légère ébullition qui favorise l'agitation. Après refroidissement on ajoute 60$^g$ d'acide sulfurique concentré et l'on reporte à 130-135° pendant 8 heures; cette dernière opération est répétée une deuxième fois de manière à utiliser 240$^g$ d'acide et à chauffer 24 heures. La masse est reprise par l'eau, saturée à la soude et soumise à la distillation à la vapeur d'eau qui entraîne la quinoléine formée. Cette dernière est extraite suivant la technique habituelle et purifiée par rectification au vide puis par l'intermédiaire du picrate. Le rendement est généralement de l'ordre de 40 pour 100; on peut sensiblement l'améliorer en ajoutant des catalyseurs d'oxydation (acide vanadique ou acétate d'uranyle).

Nous avons ainsi préparé : 1° la quinoléine elle-même avec la diéthyline de la glycérine; 2° la β-méthylquinoléine avec la β-méthyldiéthyline, la base obtenue distille à 122° sous 16$^{mm}$, son picrate fond à 185°, elle est identique avec celle obtenue par Hiller ([2]) en décomposant des acides β-méthylquinoléiques; 3° la β-éthylquinoléine avec la β-éthyldiéthyline, base qui distille à 129° sous 15$^{mm}$ et dont le picrate fond à 192°, Kahn ([3]) qui a préparé cette base par décomposition d'un acide éthylquinoléique indique 163° pour le point de fusion du picrate mais sa base était certainement impure, il n'en avait obtenu que 1$^g$,5 qu'il n'a pu purifier; 4° la β-isobutylquinoléine avec la β-isobutyldiéthyline, cette base qui n'a pas encore été préparée distille à 114° sous 2$^{mm}$, son picrate fond à 160°.

Ces exemples montrent suffisamment la généralité de la méthode de synthèse des bases quinoléiques à l'aide des diéthylines. Les mêmes synthèses avec les acétines seront le sujet d'une autre publication.

---

([1]) G. Darzens, R. Delaby et M^lle J. Hiron, *Bull. Soc. chim. de France*, 4$^e$ série, 47; 1930, p. 227.

([2]) *Berichte d. chem. Ges.*, 23, 1890, p. 2258.

([3]) *Berichte d. chem. Ges.*, 18, 1885, p. 3370.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le chlorure de α-hydroxyphénéthylpyridinium et sur la N-α-hydroxyphénéthyl-α-pyridone.* Note de M. **J.-A. Gautier**, présentée par M. A. Béhal.

Poursuivant l'étude des α-pyridones à fonction alcoolique, j'ai tenté d'obtenir plusieurs sels d'hydroxyalcoylpyridinium et les pyridones correspondantes. Cette Note fait connaître les résultats obtenus avec le chlorure de α-hydroxyphénéthylpyridinium et la N-α-hydroxyphénétyl-α-pyridone, qui n'avaient pas encore été préparés.

La succession des opérations amenant à ce dernier composé est la suivante :

1° *Préparation de la chlorhydrine du glycol styrolénique*



$$CH^2Cl - CHOH - C^6H^5.$$

J'ai obtenu cette chlorhydrine en soumettant le styrolène à l'action de la chlorurée selon la méthode de A. Detœuf [1]. Cette méthode ne m'a donné de bons résultats que moyennant certaines précautions dans la préparation du réactif; il peut subsister en effet du Cl libre dissous dans la solution aqueuse de chlorurée; ce Cl, outre qu'il entraîne une erreur par excès dans la titration à l'iode du réactif de Detœuf, tend à se fixer sur la liaison éthylénique du carbure qu'on lui oppose pour donner un dérivé dichloré, obtenu parfois en quantité importante. Detœuf (*loc. cit.*) avait d'ailleurs signalé cette production de dérivé dichloré; il l'attribuait au Cl mis en liberté par action de ClOH sur ClH provenant du chlorhydrate d'urée formé concurremment à la monochlorurée.

Cet inconvénient peut être évité en faisant arriver lentement le Cl sur l'urée et l'eau.

2° *Condensation de la chlorhydrine avec la pyridine.* — J'ai obtenu facilement un chlorure de pyridinium par condensation de la chlorhydrine avec la pyridine.

Le mélange de pyridine et de chlorhydrine en proportions équimoléculaires, chauffé pendant 6 heures au bain d'huile maintenu à 120°, se prend par refroidissement en une masse cristalline incolore; on fait recristalliser dans le mélange alcool-éther. Le rendement est théorique.

Ce sel forme des cristaux F. 210°-212° (déc.) solubles dans l'eau, très solubles

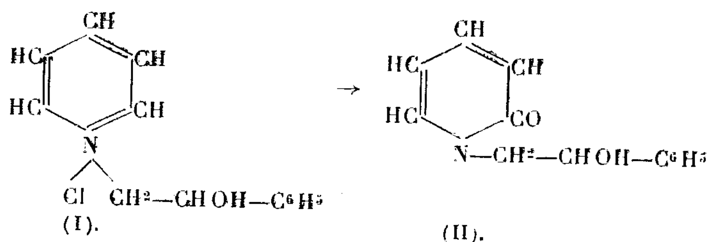
---

(1) A. Detœuf, *Thèse Doctorat ès sciences physiques*, Paris, 1920.

dans $CH^3OH$ et $C^2H^5OH$, peu solubles dans tous les autres solvants organiques. Une tentative de traitement par $Ag^2O$ humide n'a pas permis d'isoler l'hydrate correspondant; celui-ci, instable, se résinifie.

Si l'on chauffe à température plus élevée le mélange de pyridine et de chlorhydrine (bain d'huile à 150°) il ne se solidifie plus par refroidissement, et forme une masse résineuse contenant une petite quantité de chlorure de pyridinium et de l'acétophénone qu'on peut extraire par entraînement à la vapeur d'eau. Il semble donc que dans ces conditions la pyridine enlève une molécule de ClH à la chlorhydrine avec formation d'un oxyde d'éthylène qui s'isomérise en $C^6H^5COCH^3$. Toutefois je n'ai pu isoler l'oxyde intermédiaire. M. Tiffeneau (1) avait déjà indiqué que l'iodhydrine du glycol styrolénique se décompose par simple distillation en donnant de l'acétophénone. La chlorhydrine paraît être plus stable car je n'ai jamais observé sa décomposition en l'absence de pyridine.

3° *Oxydation du chlorure en* N-*α-hydroxyphénéthyl-α-pyridone*. — J'ai transformé le chlorure (I) en pyridone (II) selon le schéma ci-dessous, par oxydation à l'aide de $Fe(CN)^6K^3$ suivant la méthode de Decker (2),




Le chlorure en solution aqueuse concentrée est additionné peu à peu et en refroidissant, d'une solution saturée de $Fe(CN)^6K^3$, ce sel étant ajouté en quantité théorique, puis de lessive de soude en quantité triple de la théorie. Le mélange brunit rapidement et se trouble d'un seul coup en laissant précipiter la pyridone, peu soluble dans l'eau. On essore, on lave à l'eau, puis à l'éther; on fait recristalliser dans $C^6H^6$ chaud ou dans l'alcool aqueux. Les eaux mères sont évaporées dans le vide sulfurique; le résidu épuisé par $CHCl^3$ lui abandonne encore une petite quantité de pyridone qu'on fait recristalliser pareillement. Rendement : 80 pour 100 en produit pur.

Si on laisse la température s'élever pendant l'oxydation il se produit des résines et l'on perçoit l'odeur de $C^6H^5CHO$, ce qui semble témoigner d'une scission de la molécule au niveau de la fonction alcool secondaire.

---

(1) *Comptes rendus*, **145**, 1907, p. 811.
(2) *J. prakt. Chem.*, **47**, 1893, p. 29.

Cette pyridone forme des cristaux F. 127°, solubles dans $CH^3OH$, $C^2H^5OH$, $CHCl^3$ et $C^6H^6$ chaud; peu solubles dans l'eau, très peu dans l'éther; ils colorent en rouge $Cl^3Fe$.

Je poursuis l'étude des dérivés de cette pyridone à fonction alcool secondaire.

CHIMIE. — *Contribution à l'étude des sulfures organiques.* Note de MM. C. **Lefèvre** et **Ch. Desgrez**, présentée par M. A. Desgrez.

Hoffmann, en 1872, étudiant l'action du soufre sur un mélange d'aniline et de chlorhydrate d'aniline, obtint, vers 180°, la thioaniline (sulfure de phénylamine $\underset{(1)}{H^2N} - C^6H^4 - \underset{(4)}{S} - C^6H^4 - \underset{(1)}{NH^2}$) et une autre base qui se formait à une température plus élevée, la thiazine (sulfure de diphénylamine $\underset{(1)}{HN}\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle\underset{(4)}{S}$). C'était le premier exemple de composés organiques formés par sulfuration directe.

Nous inspirant des expériences d'Hoffmann, nous avons étudié l'action du soufre sur un certain nombre de substances organiques, stables à la température de l'expérience :

Acides oléique, palmitique, citrique, tartrique, benzoïque, cinnamique, salicylique, camphorique, gallique et sulfanilique; oléine, saccharose, glucose, lactose, mannite, aniline, toluidine, phénol, gaïacol, résorcine, pyrogallol, camphre, bornéol, etc.

De notre étude, il résulte qu'un certain nombre de ces substances sont attaquées par le soufre, avec dégagement de $H^2S$, à des températures comprises entre 140° et 200°.

Au delà, il se forme des produits noirâtres, insolubles dans la plupart des solvants usuels.

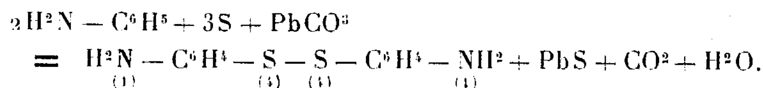
L'addition de glycérine au mélange solide facilite la réaction en favorisant le contact des corps en présence.

Alors que, dans la série grasse, l'attaque est variable suivant la nature du composé, dans la série aromatique, les amines et les phénols sont facilement attaqués. Il y a lieu, toutefois, de signaler que le groupement carbonyle CO, plus ou moins éloigné des oxhydriles phénoliques, diminue l'affinité pour le soufre.

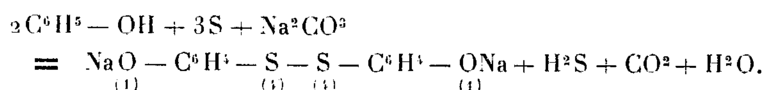
Nos recherches, qui ont porté sur les amines aromatiques et les phénols, nous ont montré, en outre, que l'addition d'un carbonate de métal lourd

ou alcalin abaissait la température de la réaction et évitait la formation de produits insolubles.

Les amines aromatiques sont attaquées, à 140°, en présence de carbonate de plomb, de cuivre ou de bismuth. Il y a formation d'un disulfure

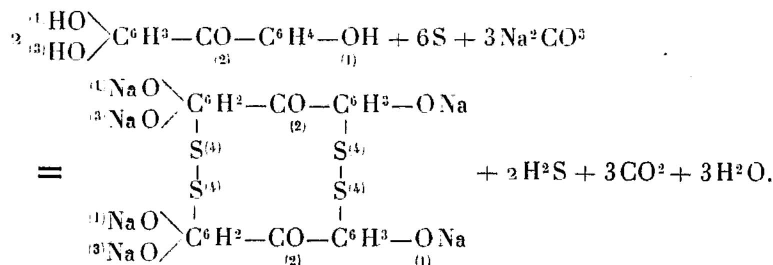


Les monophénols sont attaqués, à 120°, dans une solution glycérinée de carbonate de sodium, avec formation de disulfure :



Les diphénols sont attaqués, en milieu aqueux, à 100°, et les triphénols à partir de 80°. On obtient aussi des disulfures phénoliques.

En présence de polyphénols dont les groupements appartiennent à deux noyaux différents, le soufre se fixe d'abord à 100° sur le noyau polyphénolique, puis vers 130°, sur le noyau monophénolique pour donner un tétrasulfure. Avec la trioxybenzophénone, on a :



En opérant la sulfuration entre 180° et 200° on obtient des monosulfures.

Le thiosulfate de sodium agit comme un agent de sulfuration identique au soufre en se scindant en soufre et sulfite de sodium. Toutefois, les bisulfures s'obtiennent à 150° et les monosulfures à 190°.

En chauffant, vers 190°, les disulfures de phénols en présence d'une solution glycérinée de carbonate de sodium, on les transforme en monosulfures, réaction analogue à la transformation des peroxydes en oxydes.

*Caractères.* — Les monosulfures d'amines et de phénols sont plus solubles dans l'eau bouillante que les disulfures correspondants, lesquels sont très peu solubles.

Les sulfures phénoliques donnent des solutions alcalines très colorées. Ils sont solubles dans l'alcool, insolubles dans l'éther et le benzène.

Les sulfures phénoliques déplacent $CO^2$ des carbonates alcalins.

En solution alcaline, ils donnent, avec les métaux lourds, des sels insolubles.

Ces deux caractères les distinguent des phénols,

Avec le chlorure mercurique, ils donnent un précipité complexe où Hg échange une valence avec Cl et l'autre avec le groupe sulfure de phénol.

Les disulfures de phénol, par une oxydation ménagée avec l'acide nitrique, donnent des acides sulfoniques qu'on peut transformer en sels de magnésium facilement cristallisables et identiques aux parasulfonates obtenus directement avec les phénols.

Les monosulfures ne donnent pas d'acides sulfoniques.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Deux remarques sur la structure de la cellulose et de ses dérivés.* Note de M. **Marcel Mathieu**, présentée par M. G. Urbain.

I. D'après les travaux de Mark et Meyer, complétés et précisés par ceux de A. Andress, la maille de la cellulose est monoclinique. Les deux axes, autres que l'axe de fibre $b$ ont des longueurs peu différentes : $a = 8,18$, $c = 7,78$. Ils sont presque normaux l'un sur l'autre; leur angle $\beta$ est en effet de 84°. Le diagramme de diffraction de rayons de Röntgen que donne la cellulose présente une réflexion très intense, notée $A_4$ par Andress. D'après les principes généraux que l'on a jusqu'ici appliqués dans la recherche des structures cristallines par les rayons X, il est naturel de penser que les réflexions les plus intenses se produisent sur les plans réticulaires les plus chargés qui sont certainement ceux qui contiennent les anneaux quasi-plans des résidus de glucose. Ce principe est vérifié dans toutes les structures connues des sucres et des dérivés du benzène.

Si les plans des anneaux coïncident comme l'indique Andress [1] avec les plans (002), c'est-à-dire sont parallèles aux axes $a$ et $b$, l'angle de diffraction de la tache $A_4$ sera de 11°22′. Si, au contraire, comme le propose W. T. Astbury [2], ces plans sont parallèles aux plans (200) (c'est-à-

[1] Andress, *Z. Phys. Chem.*, (B), **2**, 1929, p. 390; **4**, 1929, p. 190.

[2] *Nature, London*, **127**, 1931, p. 12.

dire sont parallèles à *c* et *b*), l'angle de réflexion sera de 10°50'. L'hypothèse d'Astbury aurait cet avantage de mettre en évidence une relation particulièrement simple entre la structure de la cellulose naturelle et celle de la cellulose mercerisée.

Pour choisir entre ces deux hypothèses, toute la difficulté tient dans la mesure précise de l'angle de diffraction de la tache $A_4$. Les deux nombres 11°22' et 10°50' ne diffèrent que peu par suite de l'égalité approximative des axes *a* et *c*. Nous avons résolu la difficulté en superposant sur le diagramme même de la cellulose celui de Na Cl ou de MgO. Nous avons ainsi disposé d'un repérage précis des distances sur le cliché.

Nous avons trouvé pour l'angle de réflexion qui nous intéresse la valeur 11°19' ± 9', ce qui confirme l'hypothèse de Andress.

II. Nous ferons la deuxième remarque suivante : Il est important de constater que *la distance correspondant à cet angle de diffraction 11°19', trouvée dans la cellulose, se conserve à peu près la même dans la plupart des dérivés de la cellulose.*

On le voit dans le tableau suivant :

| | *d.* | Référence. |
|---|---|---|
| Cellulose | 3,89 | (1) |
| Cellulose mercerisée | 4,03 | (1) |
| Composé de Knecht | 3,89 | (2) |
| Composé d'addition avec l'acide perchlorique | 4,43 | (3) |
| Éther de l'acide perchlorique | 4,34 | (3) |
| Diamino-celluloses | 4,01 à 4,76 | (4) (voir *a*) |
| Méthylcellulose | 4,01 | (5) (6) (voir *b*) |

*a*. Les diagrammes publiés par Hess et Trogus montrent d'une manière remarquable combien différemment la transformation chimique étudiée agit sur les différentes périodicités du réseau.

*b*. Interférence $A_7$ du diagramme de Hess, retrouvée par Mark et Susich.

Il semble naturel d'admettre que, dans tous ces composés, *les plans des anneaux de glucose restent à des distances peu variables*. On ne peut le com-

(1) Andress, *loc. cit.*

(2) Andress, *Z. Phys. Chem.*, **136**, 1928, p. 279.

(3) Andress, L. Reinhardt, *Z. Phys. Chem.*, (A), **151**, 1930, p. 426.

(4) C. Trogus et K. Hess, *Z. Phys. Chem.*, (B), **14**, 1931, p. 387.

(5) K. Hess et C. Trogus, *Z. Phys. Chem.*, (B), **4**, 1929, p. 321; (B), **9**, 1930, p. 160.

(6) Mark et V. Susich, *Z. Phys. Chem.*, (B), **9**, 1930, p. 157.

prendre que si l'on admet que *les substituants se placent toujours dans le plan de l'anneau.*

Au contraire, dans les alcali-celluloses [1] étudiés par G. von Susich et W. Wolf, la distance considérée comme étant celle qui sépare les plans des anneaux de glucose augmente par l'addition d'alcali.

Les molécules alcalines doivent se placer en partie *entre les plans des anneaux.*

Ces faits confirment une observation que nous avions faite antérieurement, à savoir que les modifications physiques ou chimiques affectent de manière très différente les diverses régularités de structure des dérivés fibreux de la cellulose : les unes sont peu affectées, alors que d'autres sont profondément modifiées.

GÉOLOGIE. — *Tectonique et volcanisme dans l'Ajjer* (*Sahara Central*). Note de M. **Conrad Kilian.**

Je me propose de donner ici la conclusion de recherches qui seront exposées dans un autre travail.

L'Ajjer occupe le secteur nord-oriental du Massif Central saharien et il est composé du Nord-Est au Sud-Ouest : 1° d'une zone de terrains carbonifères, dévoniens supérieurs et dévoniens moyens, segment des Pays prétassiliens; 2° d'une zone de formations du Dévonien inférieur, du Gothlandien et de l'Ordovicien, segment de l'Enceinte tassilienne, et 3° d'une zone de socle précambrien, secteur du Pays cristallin. Les reliefs principaux forment : 1° une double bande de plateaux gréseux s'allongeant grosso modo WNW-ESE, les *Tassilis de l'Ajjer* (Tassilis externes au Nord, Tassilis internes au Sud, dans ce segment de l'Enceinte tassilienne); 2° un massif de schistes cristallins et de granites, l'*Adrar de l'Ajjer* (massif du secteur du Pays cristallin), sur lequel s'appuient vers leur milieu et en leur Sud ces Tassilis.

Le volcanisme n'est pas distribué au hasard dans ce pays.

Les Tassilis de l'Ajjer présentent des plissements et accidents tectoniques importants, d'orientation souvent subméridienne avec tendance Nord-Ouest-Sud-Est, et achevés, pour le principal de leur forme, à l'époque hercynienne. Il faut citer celui vu par la Mission Foureau-Lamy entre Egelé et le

(1) G. V. Susich et W. Wolf, *Z. Phys. Chem.*, (B), 8, 1930, p. 221.

Tindemt; il y existe des failles faisant décrochement vertical vers l'exaltation des plis.

J'en ai observé un autre vers l'extrémité orientale et méridionale, à Djanet. Là, les schistes cristallins et les granites sont à nu et leur affleurement dessine une avancée du Pays cristallin vers le Nord-Nord-Ouest, vers la montée d'Asakao. A l'Est, ce Cristallin supporte les Grès inférieurs (ordoviciens), à plusieurs centaines de mètres au-dessus du niveau de l'oued de Djanet; ces grès forment un plateau incliné vers l'Est, l'Edjerit, tandis qu'à l'Ouest, les Grès inférieurs presque horizontaux et comme effondrés, forment les escarpements mêmes de la rive droite de l'oued de Djanet; par suite, les escarpements de la rive gauche sont constitués par le Cristallin. Or, sur la rive droite de l'oued de Djanet j'ai observé des pointements de brèche de friction et plus au Nord, dans l'Edjeriou, j'ai touché le miroir de faille, avec, à l'Ouest, les grès surplombant le granite, la faille n'étant pas tout à fait verticale. Il y a ainsi sur le côté droit du thalweg de l'oued de Djanet, à hauteur de l'oasis, *un grand décrochement vertical* de plus de $700^{m}$ de dénivelée. Cet accident tectonique explique l'abondance de l'eau à Djanet et par suite la présence de l'oasis.

Vers le Sud, à In Debireu, l'oued de Djanet débouche en pays qui est cristallin de part et d'autre de la faille et l'on constate la présence d'un *volcan*, le *Tin Taoussis*, fait d'une coupole, du flanc oriental de laquelle est descendue une coulée basaltique. Celle-ci est formée par un basanitoïde, alors que la coupole est en phonolite, d'après la détermination des roches par M. A. Lacroix.

Ce volcan est d'âge très récent : son appareil est en contre-bas des plateaux gréseux très voisins, son assiette, très peu au-dessus du niveau de la plaine; sa courte coulée descend presque jusqu'au niveau actuel du thalweg de l'oued de Djanet; il est d'autre part situé manifestement sur la grande faille, simple ou multiple, décrite précédemment; il constitue ainsi le cas le plus démonstratif que j'ai observé au Sahara de *volcan, probablement pleistocène, éclos sur une vieille fracture hercynienne*.

Le groupe volcanique de l'accident tectonique de Djanet est le plus oriental que j'ai remarqué dans mes itinéraires sahariens.

Vers l'Ouest, le volcanisme est fréquent dans le Pays cristallin de l'Ajjer, où il affectionne, semble-t-il, de vieilles fractures analogues à celle de Djanet : alignements NW-SE de volcans récents dans la plaine d'Admer, notamment entre les oueds Issandjelen et Taboccat, notable développement de volcanisme, avec basalte, dans la région de Serouanout; il est

associé à une source thermale, gazeuse, bicarbonatée sodique, et à quelques témoins gréseux. Enfin il existe un développement considérable de volcanisme dans l'Adrar de l'Ajjer, où quelques témoins de grès émergent au-dessus des laves basaltiques.

De cette partie méridionale et cristalline de l'Ajjer les volcans semblent parfois remonter vers le Nord, le long de ces fractures, jusque dans les Tassilis de l'Ajjer, dans leur zone des Tassilis internes, en grès inférieurs; ainsi la région de Dider présente un beau développement de volcans qui sont installés sur les grès inférieurs.

Il n'a jamais été observé de volcanisme dans la moitié septentrionale de l'Ajjer, Tassilis externes et Pays prétassiliens, et il ne semble pas qu'il y en ait.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la série jurassique dans la chaîne de l'Anti-Liban et plus particulièrement dans l'Hermon (Syrie).* Note de M. **H. Vautrin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les travaux de la section géologique du Haut Commissariat de la République française en Syrie et au Liban, au cours des années 1932 et 1933, m'ont amené à étudier les massifs jurassiques de l'Anti-Liban.

Les connaissances stratigraphiques relatives aux horizons jurassiques ne comportaient jusqu'alors qu'une étude locale de F. Noetling (¹) sur les séries « oxfordiennes », à Medjel Chems, du versant méridional du massif de l'Hermon. D'autre part M. Blanckenhorn (²) avait signalé, au sommet de l'Hermon, des calcaires à *Rhynchonella moravica* qu'il rapportait à des niveaux jurassiques plus élevés que ceux de Medjel Chems. Enfin L. Picart et R. Soyer (³) avaient reconnu l'existence du Jurassique dans l'Anti-Liban septentrional et décrit une coupe sans apporter de précisions paléontologiques concernant les horizons inférieurs au Séquanien.

J'ai pu relever la succession complète des formations jurassiques de l'Anti-Liban. La série décrite par F. Noetling comme oxfordienne rentre dans la cadre de cette coupe, mais elle se répartit en fait sur une étendue allant du Niveau à *Creniceras Renggeri* au Kimmeridgien. La coupe d'ensemble est la suivante :

---

(¹) *Der Jura am Hermon*, Stuttgart, 1887.
(²) *Hand. reg. Geol.*, 5, Heft 18, Abt. 4, 1914, p. 15-16.
(³) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 656.

1. *Lias?* — Grès avec lignites, associés à des calcaires lacustres à petits Gastropodes.

2. *Bajocien? Bathonien et Callovien inférieur.* — Série calcaire, de 1200<sup>m</sup> de puissance, comprenant successivement : 250<sup>m</sup> de calcaires sombres, bleu ardoise, dépourvus de faune et localement dolomitisés; 600<sup>m</sup> de calcaires bruns, à nodules de Schizophicées, intercalés de quelques minces lits marneux ayant fourni une faune bathonienne avec : *Pseudocidaris drograca* Lambert, *Pholadomya Bellona* d'Orbigny, *Ph. inornata* Sowerby, *Ceromya concentrica* Sowerby, *Heligmus polytipus* Deslongchamps, *H. Rollandi* Douvillé, *Rhynchonella Hopkinsi* M'Coy, *R. obsoleta* Sowerby, *Terebratula superstes* Douvillé, *T. Quillyensis* Bayle; enfin 350<sup>m</sup> de calcaires clairs, gris bleu, à pâte très fine, renfermant des débris de coraux et de Brachiopodes, parmi lesquels *Rhynchonella moravica* Uhlig.

3. *Callovien supérieur.* — 5<sup>m</sup> de calcaires gris, intercalés de marnes calcaires en feuillets, à : *Stepheoceras coronatum* Brugière, *Reineckeia* cf. *decora* Waagen, *Hecticoceras Rossiense* Tiess. *H. trilineatum* Waagen, *Perisphinctes* cf. *Steinmani* Par. et Bonn., *Belemnites hastatus* Blainville, *Rhynchonella moravica* Uhlig.

4. *Oxfordien.* — *a. Niveau à Creniceras Renggeri.* 20<sup>m</sup> de marnes bleutées, à faune de petits Céphalopodes : *Hecticoceras tauracum* Mayer, *Lunuloceras nisoides* Spath, *Creniceras Renggeri* Oppel, *Perisphinctes bernensis* de Loriol, *Belemnites* cf. *pressulus* Quenstedt.

*b. Niveau à Aspidoceras perarmatum.* 15<sup>m</sup> de marnes calcaires grises, avec bancs de rognons calcaires intercalés dans la partie supérieure : *Evaspidoceras Waageni* Spath, *Peltoceratoides* cf. *indicus* Spath, *Collyrites bicordata* Lesk.

5. *Lusitanien.* — *a.* 30<sup>m</sup> de marnes argileuses, avec concrétions d'hématite, à *Perisphinctes orientalis* Siemiradzki, passant à des calcaires jaunâtres, intercalés de marnes à *Pholadomya Protei* Brogniart var. *parcicosta* Agassiz, *Pecten capricornus* Nœtling, *Perisphinctes* sp. (puissance 12<sup>m</sup>).

*b.* 25<sup>m</sup> de calcaires blancs, régulièrement lités en bancs de 20<sup>cm</sup> et caractérisés par l'abondance de *Rhynchonella moravica* Uhlig.

6. *Kimmeridgien-Tithonique?* — Complexe de calcaires durs comprenant : à la base, 15 de calcaires massifs, cristallins, caractérisés par l'abondance des radioles de *Balanocidaris glandifera* Munster, et au sommet, 40 mètres de calcaires bruns, marneux, parfois oolithiques, à : *Pyguzonsis Nœtlingi* de Loriol, *Terebratula subsella* Leymerie, *Ceromya excentrica* Agassiz, *Natica Dido* Krumbeck, *Mytilus subpectinatus* d'Orbigny.

Cette coupe met en évidence l'existence dans l'Anti-Liban d'importantes séries d'âge oolithique inférieur. Elles correspondent sur la bordure septentrionale du socle arabique à une transgression dont les dépôts, à ce jour, n'avaient encore été signalés [1] qu'au massif du Moghara, au Nord du Sinaï, où ils revêtent un faciès à Céphalopodes, plus profond que celui des formations syriennes.

---

[1] H. DOUVILLÉ, *Mém. Ac. des Sc.*, 2<sup>e</sup> série, 54, 1916.

Les séries jurassiques constituent la majeure partie de la chaîne de l'Anti-Liban sur une longueur de 100km. La succession stratigraphique continue du Bathonien certain au Kimméridgien ne se rencontre que dans l'extrémité méridionale, entre Arné et Medjel Chems. En s'éloignant vers le Nord, une lacune, dont l'amplitude va croissant, apparaît dans la série au-dessus du Callovien inférieur (n° 2). C'est ainsi que dans la région de Rachaya et de Yenta, les marnes du Lusitanien (n° 5), où abondent les coraux, reposent directement sur les calcaires massifs de l'Oolithe inférieur; tandis que dans l'extrémité septentrionale du massif jurassique, entre Zebdani et Sergaya, c'est le niveau supérieur (n° 6) à *Balanocidaris glandifera* qui repose par l'intermédiaire d'une brèche sur les calcaires massifs du Bathonien et du Callovien inférieur (n° 2).

GÉOLOGIE. — *Les dépôts pontiens de la Bourboule et l'âge de la faille de Choussy*. Note de MM. **P. Marty** et **L. Glangeaud**, présentée par M. Ch. Jacob.

La Bourboule est située à la limite d'un compartiment granitique surélevé et d'une fosse d'effondrement remplie par une série à éléments volcaniques, lacustres et alluviaux. Dans le sondage de Fenestre, cette *série de la Bourboule* dépasse 160 mètres d'épaisseur.

Deux gisements de plantes fossiles ont été découverts dans la ville même. Le premier est celui du souterrain Choussy. Il est d'âge miocène supérieur, ainsi que M. Boule l'a supposé et que l'a démontré une étude paléobotanique de A. Lauby.

Le deuxième gisement a fourni les plantes de la collection du musée Lecoq, à Clermont-Ferrand, qui ont été recueillies au sud de la place Choussy, mais non étudiées en détail jusqu'ici. Sa flore est, elle aussi, d'âge pontien, contrairement à l'opinion de A. Lauby, qui en faisait du pliocène.

Le niveau stratigraphique du deuxième gisement est peut-être un peu supérieur à celui du premier, car le *Cinnamomum polymorphum*, qui caractérise le Pontien dans le Massif Central, n'y existe pas ; mais la plupart des formes sont les mêmes dans les deux niveaux.

Les espèces fournies par les couches d'âge miocène supérieur de la Bourboule sont les suivantes : *Abies Ramesi* Sap., *Juniperus drupacea* Labil., *Myrica* cf. *gale* L., *Betula alba* L., *fossilis* Laur., *Castanea vesca* Gœrtn., *Fagus pliocenica* Sap.,

*Quercus hispanica* Rer., *Carpinus Betulus* L., *fossilis* Laur., *Juglans acuminata* A. Br., *Pterocarya denticulata* Heer, *Salix cinerea* L., *Populus tremula* L., *Ulmus Braunii* Heer, *Zelkova Ungeri* Kov., *Buxus balearica* Willd., *Daphne Gautieri* nov. sp., *Cinnamomum polymorphum* Heer, *Acer lœtum* C. A. Mey., *pliocenicum* Sap., *Acer creticum* L., *Acer Nicolai* N. Boul., *Rubus* cf., *fruticosus* L., *Gleditschia allemanica* Heer, *Punica* cf. *granatum* L., *Ombelliferae* genus., *Liquidambar europaeum* A. Br., *Fraxinus arvernensis* Laur., *Bumelia Rieufi* Marty.

Sur ces 27 espèces, 19 *se retrouvent dans la flore pontienne, à Hipparion gracile, Kaup. de Joursac* (Cantal) et dans la flore miopliocène de Varennes (lac Chambon). Par contre, les formes insulaires et thermophiles des cinérites plaisanciennes du Cantal y font défaut.

Les résultats de l'étude paléobotanique concordent d'une façon complète avec les observations effectuées sur le terrain. Les couches du souterrain Choussy pendent d'environ 15° vers le Sud. Étant donné leur plongement, elles doivent passer au sud de la place Choussy, à quelques mètres au-dessous du niveau qui a fourni les fossiles du musée Lecoq. Les observations stratigraphiques, paléobotaniques et pétrographiques montrent ainsi que les gisements à plantes appartiennent à une même formation d'âge miocène supérieur.

L'examen des six sondages de la Bourboule nous amène à placer les couches fossilifères à la partie supérieure de la formation qui a remblayé la fosse d'effondrement de la Bourboule et non à sa partie inférieure, comme l'admettait A. Lauby. *La série de la Bourboule* est donc en grande partie d'âge miocène supérieur; il est possible que les sables et arkoses, avec débris de basalte roulé, qui forment la base de la série de la Bourboule, soient d'âge antépontien.

La coupe géologique, établie au moyen de ces sondages et des observations de surface, montre d'une façon incontestable que le plan rocheux situé derrière l'établissement correspond bien à un miroir de faille conformément à l'opinion d'Aug. Michel-Lévy et de Ph. Glangeaud, et non à une cheminée d'explosion comme l'admet M. Baulig.

Nous pouvons aussi préciser que la fosse de la Bourboule a commencé à s'affaisser avant et a continué à descendre pendant le dépôt des couches pontiennes. La faille principale de la Bourboule (faille hydrothermale de Choussy) limitant au nord-ouest de cette fosse, a continué à jouer, après le dépôt de la série en question jusqu'au début du pliocène.

La formation de Fenestre située au sud-est de la Bourboule, qui est constituée par des cinérites, des argiles à diatomées avec débris rhyoli-

tiques, trachytiques et basaltiques, paraît aussi intéressée par cette dislocation.

Par contre, les coulées plus élevées de Charlannes, basaltiques et andésitiques (Pliocène moyen?) ne sont pas affectées par les Failles de Choussy, du Fouhet et du Charlet, qui leur sont antérieures.

GÉOPHYSIQUE. — *Mesures simultanées de la teneur en ozone des basses couches de l'atmosphère à Jungfraujoch et à Lauterbrunnen.* Note de MM. **Daniel Chalonge**, **F. W. Paul Götz** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Ch. Fabry.

Ces mesures ont été faites par la méthode spectroscopique : on photographiait au moyen d'un spectrographe à prisme objectif et à optique de quartz le spectre continu d'un tube à hydrogène placé à des distances comprises entre $300^m$ et $1800^m$. Nous étions deux groupes indépendants (Chalonge, Vassy et Barbier pour le premier, Götz et Maier-Leibnitz pour le second) et nous opérions simultanément les uns à Jungfraujoch (altitude de l'Observatoire, $h = 3450^m$, pression moyenne, $p = 505^{mm}$), les autres à Lauterbrunnen ($h = 800^m$, $p = 690^{mm}$).

Dans le tableau suivant, $x$ est l'épaisseur d'ozone contenue dans $1^{km}$ d'air sous la pression de $760^{mm}$, exprimée en centimètres d'ozone pur dans les conditions normales. Les nombres déterminés par le premier groupe sont indiqués par un astérisque.

| Date (août 1933). | 18. | 19. | 21. | 23. | 24. | 25. | 26. | 27. | 28. | 29. | 30. | 31. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $x \times 10^4$ : | | | | | | | |
| Lauterbrunnen...... | 14* | 16* | 11 | 26 | 19 | 20 | – | – | 15* | 14* | 18* | 19* |
| Jungfraujoch........ | – | – | 27* | – | 35* | 25* | 33 | 24,24* | 35 | 33 | – | – |

Bien que nos mesures ne portent que sur un nombre de jours restreint, elles semblent indiquer que la concentration de l'ozone augmente avec l'altitude dès le niveau du sol,

Des comptes rendus plus détaillés seront publiés dans d'autres Recueils.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le magnétisme des basaltes d'Alsace*. Note (¹) de M. **J. Rothé**, transmise par M. Ch. Maurain.

Trois pointements de basalte tertiaire sont connus en Alsace : deux d'entre eux traversent les terrains secondaires des collines sous-vosgiennes, le troisième au contraire apparaît en filon dans les roches cristallines (²). Il m'a paru intéressant de les étudier au point de vue magnétique. Pour chaque région j'ai tracé les cartes d'anomalies en utilisant le variomètre de Schmidt. En raison des variations rapides de l'élément mesuré, les stations ont été souvent rapprochées à 2 ou 3ᵐ l'une de l'autre.

Le basalte de Gundershoffen apparaît au milieu des marnes liasiques et affleure sur quelques mètres au fond d'une carrière. L'étude magnétique montre une anomalie *négative* de la composante verticale dépassant 900 gammas. Cette anomalie se répartit à l'intérieur d'une ellipse dont les axes ont les dimensions très réduites de 90 et 70ᵐ; les isanomales ont une allure très régulière jusqu'au centre. L'interprétation géophysique conduit à conclure à l'existence d'un filon vertical ou presque vertical, étant donné la symétrie des courbes. Ce filon présente un pôle Nord vers le haut. Ce fait étonnant au premier abord a été constaté également dans plusieurs régions de basaltes tertiaires, en Saxe et au Kaiserstuhl, dans la plaine du Rhin au voisinage de Fribourg. G. Meyer (³) a montré que dans cette dernière région les sommets topographiques sont des pôles Nord magnétiques. Ce fait ne me paraît pas s'expliquer d'une façon formelle par un changement de l'axe magnétique depuis la solidification.

Le deuxième pointement, aux environs de Riquewihr, se traduit de manière différente au point de vue magnétique. La carrière et ses environs immédiats correspondent à une *anomalie positive* de la composante verticale d'environ 400 gammas. Mais en bordure et dans deux zones très restreintes de quelques mètres de diamètre, on observe des minima accentués, dépassant 1000 gammas, de l'ordre par conséquent du minimum observé à Gundershoffen. En comparant les résultats obtenus sur ce premier gisement, on est conduit à admettre qu'à Riquewihr la carrière

(¹) Séance du 26 mars 1934.

(²) G. Linck, *Mitt. der Comm. für die Geol. Landesuntersuchungen von Elsass-Lothringen*, Strasburg, 1, 1888, p. 49-68.

(³) *Berichte der Freiburger Naturf. Ges.*, Fribourg, 12, 1902, p. 134.

représente l'épanchement d'une masse de basalte ayant pris un magnétisme positif alors que les minima observés sur les bords correspondent aux cheminées d'accès qui se comportent, ici encore, comme des aimants verticaux présentant des pôles Nord vers le haut; le pointement de Gundershoffen est réduit à cette seule cheminée. Ces gisements présentent donc les mêmes caractéristiques physiques que ceux du Kaiserstuhl dont ils sont contemporains et sans doute en relation en profondeur. A Orbey le filon est actuellement invisible; mais il est possible de le tracer magnétiquement grâce à la différence d'aimantation du basalte et des roches encaissantes. Les basaltes d'Alsace, en effet, ont une susceptibilité magnétique considérable. Les mesures effectuées à la balance de Curie conduisent à des valeurs de l'ordre de 2000 à $4000 \times 10^{-6}$, alors que les roches secondaires ont un magnétisme presque nul et que le granite d'Orbey même est, suivant sa constitution, 50 à 100 fois moins magnétique que le basalte, dont les grains de magnétite, particulièrement nombreux, peuvent être facilement séparés à l'aimant.

J'ai déjà signalé que la méthode de calcul dite des pôles d'aimants de Nippoldt permet d'expliquer la forme des anomalies observées au voisinage de pointements ophitiques des Landes. La succeptibilité magnétique de l'ophite est de 3360 à $3480 \times 10^{-6}$. L'existence de maxima et de minima de part et d'autre du gisement montre que ces ophites pyrénéennes se comportent magnétiquement comme des aimants *horizontaux*. L'inclinaison de leur axe, fonction du rapport des valeurs absolues du maximum et du minimum, est faible. L'ophite apparaît bien ainsi comme *emballée* dans le Trias encaissant et sans relation avec la profondeur. Au contraire appliquée aux basaltes d'Alsace la méthode de Nippoldt montre qu'il s'agit bien de cheminées de remplissage verticales.

Signalons encore qu'en examinant les différentes couches tertiaires d'Alsace dont le magnétisme est généralement faible, nous avons trouvé un horizon de calcaire grisâtre dont la susceptibilité est de l'ordre de celle des basaltes ($\gamma = 600 \times 10^{-6}$). Il s'agit de couches rapportées au Chattien, rencontrées dans le forage de Geiswasser (Haut-Rhin) à $235^m$ de profondeur. Cette forte valeur est due à une concentration anormale de magnétite qu'on peut attribuer, étant donné la proximité du centre éruptif, visible aujourd'hui, du Kaiserstuhl. au produit d'une érosion active d'un appareil volcanique analogue à ce massif.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur les modifications forestières flandriennes de la région parisienne.* Note [1] de M. **Georges Dubois** et Mme **Camille Dubois**, présentée par M. Ch. Barrois.

Les tourbières de Bresles et de Sacy-le-Grand (Oise) nous ont livré des tourbes suffisamment riches en pollens pour permettre leur analyse pollinique dont nous présentons les résultats généraux. Toutes deux sont tourbières de pied de côte, logées en des cuvettes de débordement de l'Oise et de son affluent le Thérain.

La *tourbière de Bresles* déverse son eau par la Trye dans le Thérain, au pied du Mont César, près Beauvais. Le cours de la Trye ayant été rectifié, le niveau d'eau du marais de Bresles s'est abaissé d'environ $2^{m}$ et l'exploitation de la tourbe se fait à l'air libre en petites carrières. La tourbe que nos sondages ont traversée sur une épaisseur maximum de $4^{m},25$, est riche en coquilles limniques; elle est parfois remplacée par des lits pulvérulents de calcaire lacustre, quelquefois ocreux; elle est surtout formée de débris de Cypéracées et contient à quelques niveaux des pollens de *Typha* et spores de *Sphagnum*. La fréquence des pollens forestiers offre un maximum très marqué vers la base de la tourbe et ce maximum coïncide très nettement avec celui du pollen de Pin; elle diminue par la suite pour être presque nulle au sommet de la masse tourbeuse.

L'analyse pollinique traduit la succession forestière suivante : au début pinède avec peu de Bouleau et de Chêne et, fait digne d'attention, c'est un Pin à grands pollens (vraisemblablement *P. montana*) qui forme le fond principal de la pinède, en compagnie de quelques *P. silvestris*. Le Bouleau régresse, puis aussi la pinède, au profit de la chênaie mixte avec Chêne généralement prépondérant, Orme fréquent, Tilleul rare; à côté d'eux demeure un Pin, le seul *P. silvestris*. L'Aulne est rare et sporadique. Le Coudrier manifeste sa présence dès la poussée de la chênaie avec un léger maximum aussitôt que la chênaie est bien établie.

La *tourbière de Sacy-le-Grand* s'étale devant Pont-Sainte-Maxence, en bordure de la vallée de l'Oise. Elle est demeurée inondée presque jusqu'à sa surface. La tourbe que nous avons traversée sur une épaisseur maximum $2^{m},90$, est surtout formée de restes de Cypéracées, Graminées, Typhacées;

---

[1] Séance du 9 avril 1934.

les spores de *Sphagnum* y sont abondantes à différents niveaux. La fréquence des pollens forestiers suit des variations assez voisines de celles que nous avons enregistrées à Bresles.

C'est aussi la pinède qui se montre tout d'abord avec un seul Pin à grands pollens. Puis la chênaie mixte s'installe, formée surtout de Chêne, tandis que le Pin régresse lentement. Une poussée de Coudrier précède la progression de la chênaie mixte. Le Bouleau, l'Aulne, le Hètre, font quelques apparitions sporadiques et désordonnées. L'Épicéa se présente à l'état de rareté à la partie inférieure de la tourbe.

Ainsi, *les deux tourbières*, éloignées l'une de l'autre d'une vingtaine de kilomètres, traduisent, avec quelques variations locales, une histoire forestière assez homogène qui est bien celle de la silve environnante, car l'un des niveaux de tourbe de Bresles, riche en pollens de Pin, s'est montré également riche en débris de bois de Pin, dont le lieu d'origine ne saurait être excessivement lointain.

Par comparaison avec les données acquises en Europe septentrionale et centrale, ainsi que dans les Vosges, nous résumerons cette histoire forestière comme suit :

1° Flandrien inférieur = Tardiglaciaire (période subarctique ou préboréale de Blytt-Sernander) : *Pinède avec peu de Bouleau et de Chêne;* 2° Transition du Flandrien inférieur au Flandrien moyen (période boréale de Blytt-Sernander ou xérothermique de Gaussen) : *Défervescence de la pinède, progression de la chênaie, poussée plus ou moins nette du Coudrier;* 3° Flandrien moyen et supérieur = Néolithique et postnéolithique (périodes atlantique, subboréale et subatlantique de Blytt-Sernander, xérothermique et mésohygrothermique de Gaussen) : *Règne de la chênaie, plus ou moins exclusif* (sans développement marqué du Hêtre au moins jusqu'à la fin de la période de tourbification).

PALÉOPROTISTOLOGIE. — *Sur un Foraminifère* siliceux *fossile des diatomites miocènes de Californie :* Silicotextulina diatomitarum *n. g., n. sp.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. M. Caullery.

Depuis un demi-siècle, les diatomites n'ont guère été étudiées que par des spécialistes, attachés surtout à la recherche des espèces nouvelles ou curieuses de Diatomées, et c'est ce qui explique la succession des découvertes faites en ces derniers temps dans ce matériel assez neuf.

Je signalerai dans cette Note la présence d'un *Foraminifère à test siliceux*, trouvé simultanément dans plusieurs diatomites miocènes de Californie (San Bernardino, Los Angeles, Santa Monica, Redondo, San Pedro, Purissima Hill). Cette forme, que je désignerai sous le nom de *Silicotextulina* n. g. *diatomitarum* n. sp., est bâtie sur le plan des *Textularia* (ou des *Gümbelina*) : le proloculum, sphérique, est suivi de deux rangées de chambres alternes opposées, portant des perforations plus ou moins tubulées localisées sur la partie la plus externe.

L'organisme se présente sous un aspect identique dans les matériaux bruts (Redondo, Purissima Hill), désagrégés seulement par l'eau pure, et dans les préparations faites après traitement aux acides, selon les méthodes classiques des diatomistes (qui ne laissent subsister que la silice). Ceci a permis d'utiliser la documentation acquise durant l'étude des préparations définitives, où les organismes, lavés, tamisés et concentrés par divers procédés, sont, quoique rares, infiniment plus faciles à trouver que dans le matériel brut.

Les seuls Foraminifères siliceux bien connus actuellement ont été réunis dans une sous-famille des Lituolidés : les *Silicininæ* (Heron-Allen et Earland, 1930) (1). Leur test, agglutinant, est composé d'un ciment siliceux, reliant des particules siliceuses minérales et des Diatomées.

La texture du test de *Silicotextulina* est différente et tout à fait homogène. Diverses raisons, dont je n'exposerai ici que les principales, font repousser l'idée d'un test silicifié secondairement : *a.* l'aspect est immédiatement très différent de celui des Foraminifères silicifiés, qui me sont bien connus; *b. Silicotextulina* ne correspond, morphologiquement, à aucun Foraminifère calcaire décrit; *c.* les parties les mieux conservées sont les proloculums; les chambres les plus grandes, rares, sont minces et paraissent fragiles : c'est le contraire qui se produit chez les spécimens calcaires silicifiés secondairement; *d.* la présence simultanée de la même espèce dans six diatomites différentes, à l'exclusion de tout autre Foraminifère à test siliceux, ne peut s'expliquer que pour une espèce siliceuse originellement, d'autant plus que, dans d'autres diatomites de Californie, des Foraminifères (calcaires) de divers genres et familles, en parfait état de conservation,

(1) Trois genres sont connus avec certitude : *Miliammina* Heron-Allen et Earland (récent et fossile), *Silicosigmoilina* Cushman et *Rzehakina* Cushman (tous deux fossiles). On a signalé aussi un test siliceux chez des Miliolines des grands fonds (Brady, 1879), et chez quelques *Spirillinidæ* paléo- et mésozoïques.

ont été étudiés, parfois au milieu de Diatomées, Radiolaires et Silicoflagellés également bien conservés.

La proportion très grande des proloculums découverts, vis-à-vis des chambres isolées ou groupées, ainsi que la fragilité de ces dernières augmentant avec leurs dimensions, semblent indiquer une décroissance de la teneur en silice depuis le proloculum vers les chambres successives, ce qui parlerait en faveur d'une constitution chitino-siliceuse du test.

La structure du test est celle des *Textulariidæ* et des *Heterohelicidæ*, en tant qu'arrangement des chambres. Une forme microsphérique m'a montré un cas de pseudomorphisme semblable à celui décrit par E. Lacroix chez *Textularia concava* var. *heterostoma :* la première chambre (impaire) est désaxée et de taille inférieure à celle du proloculum. Les Foraminifères siliceux signalés plus haut (*Silicininæ*) ont une structure toute différente, car ils sont bâtis sur le plan des Miliolines.

La disposition des perforations des chambres de *Silicotextulina* ne correspond pas à ce qui se voit chez les *Textulariidæ*, dont le test arénacé est perforé et recouvre une membrane chitineuse anhyste non perforée (E. Lacroix). Si l'on se tourne du côté des *Heterohelicidæ*, en particulier vers *Gümbelina*, la ressemblance avec *Silicotextulina* est plus grande, mais les *Gümbelina* portent des perforations sur toute la surface libre des chambres. En outre, les *Gümbelina* épaississant leurs parois avec l'âge, on devrait trouver des *Silicotextulina* à parois silicifiées épaisses, ce qui n'est pas.

Je crois donc pouvoir conclure que *Silicotextulina diatomitarum* est un *Foraminifère perforé, à test originellement siliceux*, ou peut-être chitino-siliceux.

Certains des Foraminifères à ciment et matériaux siliceux (*Silicininæ*) sont, par leur forme et leur texture, semblables à des genres calcaires dont ils constituent des isomorphes : ils sont actuellement considérés comme des cas de convergence. Je ne crois pas, pour le moment, que cette hypothèse phylogénique pourra être appliquée à *Silicotextulina*, isomorphe siliceux de *Gümbelina*, lui-même isomorphe calcaire porcellané des *Textularia* chitino-arénacés.

Diverses raisons, que j'exposerai dans un prochain Mémoire, et sur lesquelles je ne puis m'étendre ici, appuieraient plutôt l'hypothèse d'une évolution divergente (forme ancestrale et matériel de construction substitué), ainsi que cela semble être le cas pour les Miliolines des grands fonds étudiées par Brady (*Challenger*).

BOTANIQUE. — *Sur les Algues cariantes du groupe des* Cyanophycées *à propos d'observations nouvelles faites au Lac de Marinet, dans le massif de Chambeyron (Basses-Alpes).* Note [1] de M. **Léon Moret.**

L'existence d'Algues cariantes, ainsi que les manifestations de leur activité biologique, ont été signalées de longue date dans la plupart des grands lacs jurassiens et savoisiens, et à leur étude sont attachés, entre autres, les noms de Braun, Forel, Kirchner, Chodat, Wesenberg-Lund, Le Roux.

Dans tous ces lacs, les petites touffes algueuses, formées surtout de *Schizothrix* et de *Rivularia*, sont à la fois *cariantes et incrustantes*. Tout se passe comme si, pour vivre, l'Algue décomposait le bicarbonate de Ca contenu en dissolution dans l'eau pour s'emparer du $CO^2$; ce faisant, elle libère le carbonate neutre insoluble qui se fixe sur les touffes, ou à leur voisinage, en déterminant des concrétions cérébroïdes spongieuses, les *tufs lacustres* [2]. Mais pendant ce temps, en profondeur, l'Algue, par un processus de décomposition crayeuse encore mal élucidé, attaque son substratum. Lorsque, par suite d'actions mécaniques ou autres, les pierres ont été débarrassées de leur croûte tufeuse et crayeuse, leur surface se montre creusée de nombreux et capricieux méandres, ce sont alors des *galets sculptés*.

De telles Algues incrustantes et cariantes ont été reconnues par M. Langeron [3] dans la plupart des tufs contemporains qui encombrent les résurgences du Jura français et qu'elles contribuent à former.

J'ai moi-même retrouvé dans certains cours d'eaux des environs d'Annecy et en particulier dans le Fier, aux Iles, de très belles concrétions tufeuses à *Rivularia hæmatites* déterminant des phénomènes analogues à ceux observés dans les lacs.

Mais le phénomène de la sculpture des roches n'avait jamais été signalé, à ma connaissance du moins, dans les lacs alpins d'altitude.

C'est au lac de l'Ascension (2304$^m$) dans le massif de Pierre-Eyrautz

(1) Séance du 9 avvil 1934.

(2) En réalité, le phénomène est plus complexe et il est possible que des bactéries interviennent dans la précipitation du calcaire (voir à ce sujet A. Pascher, *Die Süsswasser Flora Deutschlands, Œsterreich und der Schweitz*, Heft 12; *Cyanophyceae*, par L. Geitler, Iéna, 1925, p. 43).

(3) *Bull. de la Soc. d'Histoire naturelle d'Autun*, 15, 1902, p. 3.

(Hautes-Alpes) et surtout au lac de Marinet (2535$^m$) en Haute-Ubaye, que ce phénomène m'est apparu récemment avec une ampleur insoupçonnée.

Dans ce dernier lac, tous les blocs et galets de calcaires (Trias, Néocrétacé) situés dans la zone d'oscillation du plan d'eau (au total, 3$^m$ environ), sont profondément attaqués. En septembre dernier, ceux qui étaient à sec montraient des *guillochages* en cupules irrégulières très caractéristiques (¹) à patine grisâtre formée d'Algues desséchées.

Quant aux blocs immergés, leur *surface guillochée était uniformément recouverte par un feutrage organique* très dense, d'un vert sombre, véritable « couverture biologique » au sens de L. Léger (²).

M. Frémy, qui a bien voulu se charger de la détermination des éléments de ce feutrage, y a reconnu surtout des filaments de *Calothrix parietina*, Cyanophycée dont les propriétés cariantes n'avaient pas encore été suffisamment mises en évidence.

Il est d'ailleurs important de remarquer que ces Algues semblent être *uniquement cariantes*, car il n'y a *pas ici le moindre dépôt calcaire*.

J'attribue cela, jusqu'à nouvel ordre, au fait que l'eau du lac de Marinet doit posséder une minéralisation assez faible. En effet, le bassin de ce lac, creusé dans des roches siliceuses (quartzites, grès et andésites du Permo-Trias), n'est alimenté que par des sources sous-lacustres issues des petits glaciers expirants de Marinet tout proches.

De plus, situé à une altitude élevée, en plein Nord et dans une région où de magnifiques sols polaires (sols polygonaux et rayés) témoignent d'une température moyenne assez rude, ce lac doit rester gelé pendant la plus grande partie de l'année. Il s'ensuit que les conditions se montrent assez peu favorables à la dissolution du calcaire, source habituelle d'acide carbonique pour nos Algues.

Et c'est pourquoi cette observation pourra peut-être projeter un peu de lumière sur la genèse du phénomène. Il est certain, tout d'abord, que l'attaque du calcaire par les Algues, phénomène primordial, procède sur toute la surface des galets sculptés, puisque le revêtement algueux se montre aussi bien sur les parties en relief que dans les creux (³). Dès lors, il

(¹) Dont je publierai ultérieurement des photographies.

(²) *Proc.-Verb. Soc. Dauphinoise d'études biologiques*, 205, 4 janvier 1933, p. 133. Ces observations ont été faites en compagnie de M. M. Gignoux.

(³) Certains sillons, plus étendus que les autres, peuvent être utilisés comme voies de cheminement par les larves, ils prennent alors l'aspect de traînées claires où la

semble que l'on puisse assimiler ce processus à une sorte de *dissolution lente*, telle celle d'un caillou calcaire plongé dans un acide étendu, où les propriétés physiques de la roche (différences de compacité, joints de stratification, etc.) ou chimiques (présence dans le calcaire d'impuretés plus ou moins solubles, silice, dolomie, etc.) règlent seules la progression de la dissolution (¹). L'Algue aurait donc, en ce cas, une sorte d'action corrosive mystérieuse, et, peut-être, suivant l'ingénieuse hypothèse déjà envisagée par Chodat, ne trouvant pas dans l'eau le calcaire auquel elle emprunte le $CO^2$, s'adresse-t-elle directement ici à celui de son support.

Ajoutons enfin que si ces petites Algues sont intervenues dans l'édification de certains sédiments géologiques (tufs, travertins), il est non moins certain qu'elles jouent un rôle dans la glyptogenèse puisque, avec le temps, les galets attaqués peuvent être réduits en bouillie, et que, en tout cas, cette carie facilite singulièrement chez les blocs émergés l'action des agents externes.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de production de l'effet sympathique. Les phénomènes de libération.* Note de M. **Georges Ungar**, présentée par M. Achard.

Il est prouvé, par un grand nombre de faits, que l'effet obtenu par l'excitation d'un nerf sympathique ou par l'administration d'une même dose d'adrénaline est loin d'être toujours identique dans un territoire donné. Les résultats d'une excitation électrique ou pharmacodynamique peuvent varier depuis l'inhibition jusqu'à la contraction, en passant par l'effet nul. L'étude des conditions qui modifient l'action du sympathique peut nous renseigner sur les mécanismes qui y sont mis en jeu.

Nous avons étudié particulièrement deux de ces conditions : les phénomènes dits *inversion d'action* et *effet paradoxal*.

*a*. L'inversion d'action de l'adrénaline et de l'excitation sympathique a été découverte par Dale, en 1906 (²). Cet auteur a montré que chez les

---

roche est à nu. Ce rôle des insectes dans la genèse des galets sculptés est généralement admis par les auteurs qui ce sont occupés de ce passionnant problème. Mais on voit qu'il est ici secondaire.

(¹) Phénomène qui n'est pas sans analogie, du moins quant à ses résultats, avec celui de la formation des « lapiaz » chez les roches calcaires.

(²) *Journ. of Phys.*, 34, 1906, p. 163.

animaux soumis à l'influence de l'ergotoxine, l'adrénaline ou l'excitation du splanchnique détermine, à la place de l'effet hypertensif habituel, une hypotension artérielle. Les mêmes effets ont pu être obtenus par l'ergotamine, la yohimbine, etc. On a montré également que ces substances inversent la plupart des effets sympathiques : la vasoconstriction est convertie en vasodilatation, l'inhibition intestinale en contraction, etc.

Nous avons étudié, en collaboration avec J. Tinel (1), l'effet de cette inversion d'action sur la circulation encéphalique. On sait que l'effet sympathique est très variable dans ce domaine : il se fait tantôt dans le sens d'une vasoconstriction, tantôt dans celui d'une vasodilatation, mais il est toujours peu intense et souvent nul. Or, après administration d'une substance sympathicolytique, l'adrénaline ou l'excitation du sympathique cervical provoque toujours une vasoconstriction marquée, comparable à celle qui se produit normalement dans les autres territoires. Nous avons pu montrer par la suite que cette vasoconstriction était un phénomène actif et nullement tributaire de l'hypotension générale concomitante (2). Le phénomène est même indépendant dans une certaine mesure de l'inversion, car il se produit pour des doses qui modifient encore peu l'effet de l'adrénaline sur la pression artérielle générale (3).

*b*. L'effet paradoxal consiste en une augmentation de la sensibilité à l'adrénaline d'un organe privé de ses connexions avec le ganglion sympathique correspondant. Le phénomène a été particulièrement étudié au niveau de l'iris, mais il semble général à tous les organes innervés par le sympathique. Nous avons pu constater ainsi que la section préalable du sympathique cervical permet un certain degré de vasoconstriction cérébrale adrénalinique.

Nous interprétons l'effet sympathique constaté au niveau de la circulation encéphalique à la suite de l'inversion pharmacodynamique ou de l'énervation comme une sorte de libération d'un mécanisme périphérique. Les organes innervés par le sympathique semblent en effet susceptibles de fonctionner d'une façon autonome et la section du nerf, loin de déterminer des phénomènes de déficit, augmente au contraire la réactivité des organes aux stimuli humoraux.

Une étude approfondie du mécanisme périphérique nous a montré que tout se passe comme si toute fibre lisse avait la possibilité de réagir à la

(1) *C. R. de la Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 758.
(2) *C. R. de la Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 1284.
(3) G. Ungar et M. Eck, *C. R. de la Soc. Biol.*, 114, 1933, p. 459.

stimulation sympathique par une contraction ou par une inhibition. On sait en effet que les petites doses d'adrénaline produisent généralement un effet opposé à celui des doses moyennes et fortes.

Chaque fibre musculaire lisse posséderait donc un appareil récepteur moteur et un appareil récepteur inhibiteur. La fibre nerveuse sympathique aboutit à cette double terminaison et conduit le même influx aux deux récepteurs, de même que l'adrénaline agit sur les deux. Le fait que dans les conditions normales l'un des effets du sympathique ou de l'adrénaline l'emporte sur l'autre s'explique par une différence de sensibilité des appareils récepteurs à ces stimuli. Lorsque la sensibilité de l'appareil moteur est notablement plus grande que celle de l'inhibiteur, il se produit une contraction musculaire franche. C'est le cas des artères de l'aire splanchnique. Dans le cas exactement opposé de la musculature intestinale, l'appareil inhibiteur est notablement plus sensible que l'appareil moteur. Or l'inactivité relative de l'effet sympathique dans un certain nombre de domaines, en particulier dans la circulation encéphalique, serait due à ce que la sensibilité des deux récepteurs est à peu près égale. On comprend donc que l'excitation simultanée des deux appareils amène la neutralisation des deux effets. Raymond-Hamet pense que le mode d'action des substances sympathicolytiques consiste en une paralysie de la substance réceptrice sur laquelle l'action de la dose moyenne d'adrénaline prédomine habituellement (¹). Cette paralysie a pour résultat de libérer l'effet contraire. Nous proposons le terme « libération » pour tous les cas où une modification de sensibilité des appareils périphériques (par suppression de l'un d'eux ou par interruption du contrôle central) fait apparaître un effet sympathique nouveau. Ce terme s'applique donc à l'inversion d'action, à l'effet paradoxal, mais surtout aux cas où l'effet habituel est nul et où l'on arrive à produire une action sympathique typique. Nous ne connaissons de ces cas que la circulation encéphalique actuellement, mais leur nombre doit être beaucoup plus grand.

Nous pensons pouvoir conclure que l'effet sympathique global, constaté lors de l'excitation d'un nerf ou de l'administration d'adrénaline, se compose de deux éléments opposés. L'effet obtenu est la somme algébrique de ces deux composants. L'effet resté latent peut être libéré dans certaines conditions parmi lesquelles nous avons étudié jusqu'ici l'inversion pharmacodynamique et l'effet dit paradoxal.

(¹) *Arch. intern. de Pharmacod.*, 43, 1932, p. 297.

BIOCHIMIE. — *Activité trophique de la cellule mammaire en période de repos fonctionnel.* Note ([1]) de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Ch. Achard.

On sait, en économie rurale, qu'il est de règle de laisser reposer les femelles laitières avant chaque nouvelle gestation, la sécrétion lactée s'arrête rapidement, cependant la glande ne reste pas inactive et excrète une sérosité tout à fait différente du lait, appelée cire ou miel.

L'étude de cette sécrétion et plus particulièrement des substances protéiques qu'elle renferme met en lumière un aspect nouveau de l'activité de la cellule mammaire.

I. C'est une substance blonde, le plus souvent ambrée, onctueuse, perdant rapidement son eau pour se transformer en écailles ou paillettes, de saveur fade, de réaction très légèrement alcaline au tournesol sensible, marque Gallois (pH = 6,85), de densité moyenne D = 1,041.

L'extrait sec oscille autour de 32 pour 100, presque uniquement composé de substances protéiques, cendres très faibles, alcalines, avec parfois des traces de phosphates de CaO.

*La composition chimique est totalement différente de celle du lait.*

Il ne contient pas, en général, de caséine véritable ou seulement, dans certains cas, de petites quantités, car la teneur en P organique, non lipidique, ne dépasse guère alors 0,15 pour 100.

La grosse masse des substances protéiques coagule en bloc, par la chaleur, comme le blanc d'œuf.

Absence ou seulement traces de phosphates de chaux. Teneur en chlorures (NaCl) 0,35 pour 100 en moyenne; lactose 1 pour 100 environ.

Beurre, en proportion assez variable suivant les animaux, de 1 à 1,5 pour 100; mais nous avons démontré ([2]) que la butyrisation des graisses n'est pas spéciale au tissu mammaire. Présence d'acides amidés.

II. Nos recherches ont porté tout spécialement sur la séparation et la caractérisation des substances protéiques, à l'aide de la *méthode à l'acétone* adaptée à cette fin.

Le « miel » est séché sur vide sulfurique, puis broyé très finement et

---

([1]) Séance du 9 avril 1934.

([2]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 614.

épuisé à froid par de l'éther sec qui, pratiquement ici, enlève la totalité des matières grasses.

On pèse 7$^{g}$ de poudre qu'on laisse gonfler et se disperser lentement dans 100$^{cm^3}$ d'eau distillée. On obtient une liqueur plus ou moins louche, laiteuse, de réaction très légèrement alcaline. Sur de petites quantités (0$^{cm^3}$,5) on détermine, à l'aide d'HClN/10, l'optimum de floculation des protéines insolubles, et l'on précipite avec HClN/10 la totalité de ces protéines.

Le floculat blanc, grenu, parfois légèrement grumeleux s'il y a de petites quantités de caséine, contrôlables par le dosage du P, est séparé par centrifugation puis lavé trois fois. Il est constitué par une protéine voisine de la *sérum-globuline*.

La liqueur est alors refroidie à 0°, puis précipitée par un égal volume d'acétone à — 5°. On centrifuge rapidement à froid, et reprend par 100$^{cm^3}$ d'eau distillée. Il se sépare de gros flocons gris blanchâtre s'agglomérant très vite et se déposant en une masse sirupeuse que l'on isole par centrifugation, lave et sèche sur vide sulfurique.

On peut également l'isoler, *sans acétone*, par dialyse contre eau, glycérine ou sucre, à la chambre froide.

Cette protéine, aussitôt après sa floculation, donne lieu, comme la *myxoprotéine* du sérum sanguin, au phénomène de la synérèse. Elle est également très faiblement soluble dans l'eau pure, mais se disperse aisément dans les solutions de sels neutres, de concentration moyenne par exemple (NaCl à 9 pour 1000).

Après deux ou trois nouvelles précipitations acétoniques à froid, suivies de reprises par l'eau, il reste en solution une *albumine* vraie qui, isolée par dessiccation sur vide sulfurique, donne de belles paillettes incolores ou le plus souvent légèrement teintées en rose, contenant CaO; $\alpha_D = -48°$, en moyenne.

Dans les différents produits étudiés, la *myxoprotéine* s'est toujours montrée comme la plus importante en poids. Quant à l'albumine, les variations sont très grandes; dans certaines « cires », on n'a pu en isoler que des traces. Le tableau suivant donne une idée des teneurs en ces protéines.

| | Pour 7g de cire dégraissée | | |
|---|---|---|---|
| | globuline. | myxoprotéine. | albumine. |
| Nos 1 (race vendéenne) 7 ans | 1,82 | 3,21 | 0,65 |
| 3 (race normande) 5 ans | 1,25 | 3,9 | 0,47 |
| 7 (race normande) 8 ans | 2,31 | 2,8 | 0,88 |
| 8 (race charollaise) 6 ans | 1,72 | 3,05 | 0,65 |
| 10 (race normande) 5 ans | 2,11 | 2,76 | 0,47 |

*Composition élémentaire pour* 100 (moyennes) *après dessiccation à* 105-107° :

| | C. | H. | N. | S. | CaO. |
|---|---|---|---|---|---|
| Globuline | 51,4 | 6,7 | 14,5 | 0,7 | – |
| Myxoprotéine | 49,2 | 7,3 | 14,3 | 1,0 | – |
| Albumine | 50,7 | 7,0 | 15,1 | 1,3 | 0,11 |

*Conclusion.* — Après l'arrêt de la sécrétion lactée, la mamelle manifeste donc une activité spéciale, marquée par une sécrétion parfois très abondante, extrêmement riche en substances protéiques.

La méthode à l'acétone permet de séparer, en proportions d'ailleurs variables suivant les sujets, des protéines très voisines sinon identiques à celles du sérum sanguin.

Parmi celles-ci, une *myxoprotéine*, la plus abondante, semble être à l'origine des deux autres par un processus chimique de condensation encore inconnu, mais indiqué par la teneur moindre en carbone, processus commandé par la cellule mammaire et essentiellement variable.

L'ensemble de ces recherches montre, pour la première fois, qu'à côté de l'*activité fonctionnelle* (élaboration des composants du lait), la cellule mammaire possède une activité plus générale de caractère indifférent, que nous appellerons *activité trophique*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la pression osmotique et sur le poids moléculaire des hémocyanines.* Note de M. et M^me **Gilbert S. Adair** et M. et M^me **Jean Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

L'étude de la vitesse de sédimentation et de la répartition des micelles dans un champ centrifuge ont permis à Svedberg (¹) et à ses collaborateurs de déterminer le poids moléculaire de diverses hémocyanines. Les valeurs ainsi obtenues sont respectivement : 5000000 pour celle de l'Escargot, 2000000 pour celle du Poulpe et 640000 pour celle du Crabe. Les mesures de pression osmotique dont l'exposé fait l'objet de cette Note apportent de nouvelles données sur l'ordre de grandeur très élevé de ces poids moléculaires.

Des hémocyanines cristallisées ont été préparées par la méthode de C. Dhéré (²) à partir du sang d'Escargot, de Poulpe, de Crabe. Nous avons

(¹) *Journ. biol. Chem.*, 103, 1933, p. 311.
(²) *Journ. Physiol.* et *Pathol. gén.*, 19, 1919, p. 503.

mesuré, par la méthode d'Adair, la pression osmotique à 0° de leurs solutions dialysées contre des mélanges tampons de phosphates (Sörensen), de pH = 7,4 ou 6,8 [1].

La taille des molécules d'hémocyanine est telle que celles-ci doivent, selon J. Perrin [2], subir l'action de la pesanteur. C'est bien là ce que l'expérience nous a montré. Aussi, lorsque la longueur des sacs à dialyse des osmomètres atteint 8 à $10^{cm}$, il est nécessaire de déterminer la concentration en protéine à différents niveaux, et de calculer la pression osmotique ($p$) par intégration; mais lorsque les sacs sont de dimension moindre, on peut effectuer avec une précision suffisante le calcul de $p$ au moyen de la formule suivante :

$$p = \frac{10}{13,6}\left[D'(h^1 - h^2 - x) + (D' - D'')y\right],$$

où $p$ représente la pression osmotique à 0°, en millimètres Hg, $h^1$ le niveau de la solution dans le tube osmomètrique, $h^2$ celui du mélange tampon dans lequel plonge le dialyseur, $x$ l'ascension capillaire, D' la densité de la solution protéique, D'' celle du dialysat et $y$ le niveau de l'échantillon prélevé en fin d'expérience pour déterminer la concentration $c$ (grammes pour $100^{cm^3}$) de la solution en protéine.

Un certain nombre de données ainsi obtenues a été rassemblé dans le tableau ci-dessous :

| Hémocyanine de Crabe. | | Hémocyanine de Poulpe. | | Hémocyanine d'Escargot. | |
|---|---|---|---|---|---|
| *c.* | *p.* | *c.* | *p.* | *c.* | *p.* |
| 1,02 | 0,20 | 4,63 | 0,68 | 0,91 | 0,06 |
| 2,39 | 0,73 | 2,84 | 0,54 | 1,95 | 0,30 |
| 3,19 | 1,06 | 3,10 | 0,69 | 3,14 | 0,41 |
| 3,32 | 1,24 | 3,55 | 1,02 | 3,41 | 0,35 |
| 7,36 | 3,23 | 5,19 | 1,22 | 3,49 | 0,32 |
| 7,41 | 3,24 | 8,66 | 2,48 | 3,62 | 0,32 |
| 8,14 | 3,72 | 8,72 | 2,43 | 4,46 | 0,49 |
| 10,08 | 6,82 | 8,88 | 2,56 | 6,35 | 0,85 |
| 10,12 | 6,32 | – | – | 9,67 | 4,92 |

L'examen de ce tableau permet de constater que les pressions observées ($p$) sont, à concentration ($c$) égale, notablement inférieures à celles des solutions de toutes les autres protéines, les hémoglobines en particulier.

---

(1) Nous avons en outre déterminé la pression osmotique du sang d'Escargot, dont l'hémocyanine est la seule protéine, afin de rechercher si cette dernière y présente le même degré de polymérisation qu'à l'état pur; l'expérience a montré qu'il en est bien ainsi.

(2) *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 967.

Le poids moléculaire M est lié à la pression osmotique par la formule

$$p = \Phi . 10 . RT . C/M = 170.330 \Phi C/M,$$

où $\Phi$ est un facteur généralement supérieur à l'unité et dont la valeur résulte à la fois de l'excès de la pression des ions diffusibles dans l'osmomètre, du volume de la protéine et de son hydratation. On détermine habituellement sa valeur ([1]) par extrapolation à partir de la pression osmotique des solutions protéiques diluées. Dans le cas actuel, cette pression ne peut être mesurée exactement lorsque la concentration en protéine est inférieure à 3 pour 100; aussi cette méthode n'est-elle pas applicable.

C'est pourquoi nous avons dû nous contenter de calculer $M\Phi^{-1}$, poids moléculaire approché, pour des solutions contenant 3 pour 100 de protéine. Les valeurs de $M\Phi^{-1}$ sont respectivement de 500000 pour l'hémocyanine du Crabe, 700000 pour celle du Poulpe et de 1700000 pour celle de l'Escargot ([2]). $\Phi$ étant toujours supérieur à 1, vers lequel il tend dans les solutions très étendues, les valeurs de la fonction $M\Phi^{-1}$ sont nécessairement inférieures à celles de M, poids moléculaire réel. Néanmoins, les valeurs du poids moléculaire approché que nous avons pu calculer sont grossièrement du même ordre de grandeur que celles déterminées par Svedberg à l'aide d'une méthode entièrement différente.

SÉROLOGIE. — *De l'emploi de la mélanine choroïdienne, rendue soluble dans l'eau distillée, pour le sérodiagnostic du paludisme.* Note de M. F. **Trensz**, présentée par M. F. Mesnil.

Parmi les procédés qui ont été proposés pour le sérodiagnostic de l'infection paludéenne, la séro-floculation d'A.-F.-X. Henry (1927) est le seul qui ait donné des résultats intéressants. Le réactif de Henry, extrait de l'œil de bœuf (choroïde et corps vitré), contient essentiellement du pigment mélanique brut, mis en suspension dans l'eau distillée formolée. La réaction est recherchée d'une part dans l'eau distillée, d'autre part dans une solution de chlorure de sodium à 3 pour 1000.

---

([1]) G. S. Adair et M. Robinson, *Biochem. Journ.*, 24, 1930, p. 1864.

([2]) Contrairement à ce qui a lieu pour les hémocyanines du Crabe et du Poulpe, la pression osmotique de celle de l'Escargot semble présenter des variations saisonnières.

Le réactif de Henry présente plusieurs inconvénients. Du fait de sa teneur en substances putrescibles (pigment brut et corps vitré), il ne se conserve qu'en glacière et pendant un temps limité. Les grains de pigment se sédimentent et s'agglomèrent dans le liquide de suspension, dont le titre subit de ce fait de légères fluctuations. Pour maintenir la suspension homogène, on est obligé d'agiter souvent le flacon qui contient le réactif. Henry avait incorporé à son réactif du corps vitré et du formol, qui facilitent la lecture à l'œil nu, mais qui diminuent la densité optique mesurée par le photomètre.

Nous avons pu obtenir un pigment soluble dans l'eau et parfaitement stable qui est aussi actif que le pigment brut et n'a aucun de ses inconvénients. On sait que le pigment brut est insoluble dans l'eau distillée et dans les milieux acides. Il se dissout, au contraire, dans les bases fortes. En soumettant le pigment alternativement à des dissolutions en milieu alcalin, suivies de reprécipitations, nous avons constaté que, dès la troisième dissolution, le pigment est devenu entièrement soluble dans l'eau distillée. Le « pigment soluble » dans l'eau distillée peut avantageusement servir dans le sérodiagnostic du paludisme. Il est aussi actif que le pigment brut. La solution du pigment constitue un réactif stable qui peut être conservé à la température du laboratoire. Son titre reste constant et les résultats deviennent de ce fait plus précis qu'avec le réactif de Henry. L'emploi du pigment soluble facilite la lecture photométrique (méthode de choix) aussi bien que la lecture à l'œil nu. La solution de pigment est, à une dilution convenable, d'une couleur brun clair ; elle est parfaitement limpide. Pour apprécier la floculation à l'œil nu, il n'est donc pas nécessaire d'ajouter au réactif du corps vitré et du formol.

Une autre modification de la technique nous a donné de bons résultats : le remplacement de la solution de chlorure de sodium par une solution de chlorure d'ammonium à 3 pour 1000. La solution de chlorure de sodium à 3 pour 1000 a en effet l'inconvénient d'atténuer le phénomène de la floculation, et, par là, de rendre la réaction moins sensible. C'est pour cette raison que l'on recherche la réaction dans l'eau distillée en même temps que dans la solution de chlorure de sodium à 3 pour 1000. Le chlorure d'ammonium, employé à un taux convenable, a l'avantage de ne pas diminuer la floculation, et par suite rend inutile la recherche de la réaction en eau distillée. La manipulation en est simplifiée.

PATHOLOGIE. — *De la nature du principe pathogène contenu dans les tumeurs néoplasiques.* Note de MM. **A. Besredka** et **L. Gross**, présentée par M. A. Gosset.

Le sarcome de la souris, sur lequel ont porté nos expériences est celui qui avait servi autrefois à Ehrlich et qui présentait à son point de départ les caractères de carcinome. Après de nombreux passages, sa virulence s'est notablement exaltée, si bien qu'actuellement l'injection sous la peau de $0^g,025$ à $0^g,030$ de la tumeur, finement broyée, fait apparaître un sarcome dans les 8 à 14 jours; ce sarcome atteint les dimensions d'une noix au bout de 3 à 4 semaines et aboutit infailliblement à la mort de l'animal. Le même phénomène s'observe à la suite de l'inoculation dans les muscles, dans le péritoine, dans les veines (sarcome pulmonaire) ou dans la peau. Dans ce dernier cas, on observe des métastases multiples; celles-ci sont beaucoup plus fréquentes qu'après l'inoculation sous la peau. Les résultats des inoculations ($0^g,025$ à $0^g,030$) sont positifs dans 100 pour 100 des cas; dans certains cas, même l'injection de $0^g,0005$ de la tumeur suffit pour produire le sarcome. Signalons que, seules, font exception les souris qui sont déjà porteuses de tumeurs : chez celles-ci la réinoculation de la dose mortelle, sous la peau ou dans le péritoine, demeure parfois négative. Par contre, l'ablation, même radicale, d'une tumeur primaire facilite l'apparition rapide d'une récidive sur place et de métastases.

Il n'y a pas que la tumeur qui renferme le principe pathogène; les organes et le sang des souris inoculées se montrent parfois virulents : déjà 5 à 24 heures après l'inoculation, le foie (ou le sang) injecté sous la peau d'une souris neuve peut donner lieu (11 fois sur 39 souris) à une tumeur.

Le principe actif du sarcome est sensible à certains agents physiques, notamment à la chaleur. La tumeur isolée, broyée et finement émulsionée, perd son pouvoir pathogène lorsqu'elle est portée pendant une demi-heure à 42°-43°, pendant 2 heures à 41°, pendant 4 heures à 40°, ou bien lorsqu'on la soumet à la dessiccation. A la température du laboratoire, dans de l'eau physiologique, le pouvoir pathogène disparaît après 48 heures; dans du lait, la tumeur garde sa virulence pendant 3 jours. La souris vivante, à laquelle on vient d'inoculer la tumeur, voit celle-ci évoluer d'une façon normale, alors même qu'on laisse l'animal séjourner pendant des semaines à l'étuve à 38°; mais, à 43° la tumeur ne se développe plus : sur 6 souris

ainsi traitées, 3 sont mortes dans la nuit, les 3 autres demeurèrent indemnes.

Nous nous sommes demandé si l'on ne peut pas transmettre le sarcome avec de la nourriture. Sur 4 souris auxquelles nous administrâmes *per os* de la boullie sarcomateuse dans du lait mélangée à des débris de verre, une seule a présenté un sarcome de la mâchoire, après une période d'incubation de cinq semaines. Pour ce qui est de la voie rectale, nous avons constaté ceci : après lavage à l'eau physiologique, au moyen d'une sonde molle de Nélaton (n° 9) de la partie terminale de l'intestin, sur une étendue de $6^{cm}$-$8^{cm}$, nous introduisions par la même sonde $2^{cm^3}$ à $3^{cm^3}$ de boullie sarcomateuse; dans 10 cas, l'anus a été obturé avec du collodion pendant 24 heures. Sur 30 souris ainsi inoculées, nous constatâmes, après 4 à 5 semaines d'incubation : chez 2, un sarcome typique du rectum; chez 2, dont l'orifice anal a été fermé, un sarcome du colon sigmoide; chez 1, un carcinome au-dessous de l'oreille et dans l'aine.

La tumeur, fraîchement isolée, était agitée, en présence de billes de verre, pendant un temps variable, allant de 12 minutes à 5 heures. L'examen microscopique a montré qu'au bout d'une demi-heure, la majeure partie des cellules est déjà méconnaissable : au bout d'une heure, on est en présence d'une masse informe, ne renfermant plus de cellules intactes. Lorsqu'on inocule sous la peau d'une souris neuve des cellules soumises à l'agitation pendant 1 heure, on peut encore obtenir dans certains cas un résultat positif; après une agitation plus longue, le résultat de l'inoculation est toujours négatif, alors même que la dose est dix fois supérieure à la dose mortelle; dans un seul cas, après une agitation de 4 heures, le résultat fut positif.

Nous nous sommes demandé si le principe actif ne se trouverait pas dans la partie liquide de l'émulsion, séparée par centrifugation des débris cellulaires. Voici une de ces expériences : une tumeur de $2^g$ environ, broyée dans de l'eau physiologique ($7^{cm^3}$), est laissée dans l'agitateur pendant 23 minutes, puis soumise à la centrifugation (3600 tours par minute) pendant 10 minutes; le liquide surnageant est décanté et centrifugé à nouveau pendant 10 minutes; après une nouvelle décantation, le liquide est soumis à une troisième centrifugation pendant 15 minutes, puis inoculé ($1^{cm^3}$,5) à 3 souris : chez toutes les trois, il a été constaté des sarcomes au bout de 3 à 4 semaines. Notons toutefois que dans d'autres expériences similaires, le pourcentage des résultats positifs a été notablement plus faible (20 à 25 pour 100). Dans un cas, il y eut un carcinome dans le creux inguinal; dans tous les autres cas, il s'agissait de sarcome au niveau de l'inoculation.

Dans une seule expérience, sur 5 souris inoculées sous la peau avec de l'émulsion sarcomateuse, filtrée d'abord sur du papier buvard, puis sur bougie LI, 2 ont présenté, après une période d'incubation de 79 et 113 jours, un carcinome : dans un cas, dans le creux axillaire et dans l'autre, dans le dos; les autres essais de filtration ont été négatifs. Dans plusieurs expériences portant sur 19 souris, auxquelles il a été introduit, dans le péritoine ou sous la peau, des sacs en collodion renfermant une bouillie sarcomateuse, nous vîmes se développer un sarcome chez 3 souris.

L'idée de la greffe nous semble de plus en plus difficile à soutenir; si l'on écarte cette idée, on est amené à une hypothèse de travail que voici :

La tumeur, de nature plus ou moins maligne, est une réaction de défense de l'organisme vis-à-vis d'un virus qui serait répandu dans la nature, comme l'est le staphylocoque, par exemple, mais beaucoup plus fragile que ce dernier; il se laisserait détruire aisément par des agents physiques (1) et mécaniques et ne saurait se développer spontanément, comme c'est le cas pour la plupart des agents infectieux, qu'au niveau des tissus dont l'immunité naturelle est amoindrie.

La séance est levée à $16^{h}10^{m}$.

A. Lx.

(1) Ne saurait-on rapprocher cette fragilité du principe pathogène vis-à-vis de la chaleur et de la dessiccation de la rareté du cancer chez l'homme dans les régions tropicales ?

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances de février 1934.

*Du Moyen-Ogooué à l'Océan.* Carte dressée par A. Meunier, d'après les travaux de MM. Le Testu, Mizon, Godel, Demars, Jobit, Oswald, Collignon, Charlemagne, Savin, Marc, Fichepain, Charbonnier, Parisel, Berlan, de Pompignan, H. Salin, Eymard, J. Eckendorff. Paris, Les procédés Dorel, s. d.; 1 planche $109^{cm},5 \times 89^{cm},5$. (Présentée par M. le Général Perrier.)

*Determinação exacta da data Morte de Cristo*, par António Cabreira. Lisboa, 1933; 1 fasc. $26^{cm},5$.

*Ve Congrès international d'Entomologie.* Paris, 18-24 juillet 1932, publié par L. Berland et R. Jeannel. Tome I : *Compte rendu.* Tome II : *Travaux.* Paris, Secrétariat du Congrès, 1933; 1 fasc. et 1 vol. $27^{cm}$.

*Croissance des végétaux*, par Albert Demolon. Paris, Dunod, 1934; 1 vol. $25^{cm},5$.

*Le botaniste.* Directeur : P.-A. Dangeard. Série XXV, fascicules I-VI. Paris, à la Direction, 1933; 1 vol. $25^{cm},5$.

*Les principes de la photométrie en astronomie et en physique*, par Ch. Fabry. In *Mémorial des Sciences physiques*, fascicule, XXIV. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 fasc. $25^{cm},5$.

*Œuvres médicales d'Alexandre de Tralles, le dernier auteur classique des grands médecins grecs de l'Antiquité.* Tome Ier : *Alexandre de Tralles et la médecine byzantine*, par F. Brunet. Paris, Librairie orientaliste Paul Geuthner, 1933; 1 vol. $25^{cm}$.

*Projet d'un intégrateur mécanique des équations différentielles ordinaires inéaires du second ordre*, par A. Zavrotsky. Changhaï, Édition « Tchourayevka », 1934; 1 fasc. $19^{cm}$.

## ERRATA.

(Séance du 3 janvier 1934.)

Note de M. *Pierre Vernotte*, Mesure de la conductibilité thermique et de la chaleur spécifique des isolants :

Page 57, ligne 8 du texte, *au lieu de* doit se calculer, en première approximation, comme si la capacité calorifique de l'isolant se retranchait de celle du calorimètre, *lire* doit se calculer en attribuant à l'ensemble isolant-calorimètre une capacité calorifique plus grande.

(Séance du 26 mars 1934.)

Note de M. *King-Lai Hiong*, Sur la croissance des fonctions entières d'ordre infini définies par un développement de Taylor :

Page 1208, ligne 23, *au lieu de* $\rho(1/1-n)$, *lire* $\rho(1/1-r)$; lignes 25, 29 et 30, *au lieu de* $U(u)$, *lire* $U(r)$.

Note de M. *Julius Wolff*, L'intégrale d'une fonction holomorphe et à partie réelle positive dans un demi-plan est univalente :

Page 1209, ligne 9 en remontant, *au lieu de* $dx/dy$, *lire* $dy/dx$; ligne 7 en remontant, *au lieu de* $-v'u$, *lire* $-v/u$.

Page 1210, ligne 14, *au lieu de* $\mathcal{V}(z)$, *lire* $V(z)$; ligne 8 en remontant, *au lieu de* $\Gamma_c$ chose, *lire* $\Gamma_e$, chose.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 23 AVRIL 1934.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLASTICITÉ. — *A propos de la construction d'un étalon de self-inductance.* Note (¹) de M. **Louis Roy**.

Considérons une ligne élastique formée de deux substances 1 et 2 homogènes et isotropes, telle que, dans son état naturel primitif à la température uniforme $T_0$, la substance 1 occupe l'intérieur d'un cylindre circulaire droit de rayon $\rho_1$, et la substance 2 l'espace tubulaire compris entre ce cylindre et un autre de même axe et de rayon $\rho_2 > \rho_1$.

A la température $T_0$ et sous tension constante $\mathcal{C}_0$, on enroule cette ligne en hélice sur un cylindre circulaire *rigide*, dont le rayon $\mathcal{R}_0$, à cette température, est suffisamment grand par rapport à $\rho_2$ pour qu'on puisse considérer la déformation de la ligne comme élastique. Chaque extrémité de la ligne étant supposée convenablement encastrée sur le cylindre, de manière à conserver la tension d'enroulement $\mathcal{C}_0$, l'axe longitudinal primitif s'est transformé en une hélice, dont le rayon $a_0$, à la température d'enroulement $T_0$, peut évidemment être déduit avec une grande précision de la longueur de l'axe longitudinal sous tension et de la distance des encastrements, supposés situés sur une même génératrice du cylindre. Dans ce nouvel état à la température $T_0$, le profil de la ligne n'est plus exactement circulaire, mais s'est légèrement aplati dans le sens de la normale au cylindre et l'axe longitudinal ne passe plus par le centre de figure du profil déformé.

---

(¹) Séance du 9 avril 1934.

Cela posé, soit, à une autre température uniforme $T_0 + t$, $\mathfrak{R}$ le *rayon de la bobine*, c'est-à-dire la distance à l'axe du cylindre du centre de figure de la portion $S_1$ du profil relative à la substance 1. Comment ce rayon peut-il être déduit de $a_0$ et de $t$ ?

Ce problème nous a été posé par le Laboratoire Central d'Électricité, en vue d'une nouvelle détermination de l'ohm avec une erreur relative inférieure, si possible, au dix-millième. La mesure consiste à comparer une résistance à une réactance, c'est-à-dire au rapport d'une self-inductance étalon à un temps. Cette self-inductance est celle d'une bobine hélicoïdale à spires jointives comportant une seule couche de fil de cuivre rond émaillé, enroulé sur un cylindre de quartz, et calculée en fonction des seules dimensions géométriques de la bobine, en particulier de son rayon. On conçoit donc que l'approximation désirée exige la connaissance de ce rayon avec une erreur relative n'excédant pas $10^{-5}$, ce qui exige la détermination préalable de la configuration géométrique de la ligne élastique déformée à la température $T_0 + t$.

A cet effet, soit, dans l'état primitif rectiligne à la température $T_0$, $muvw$ le trièdre mobile en un point $m$ de l'axe longitudinal, suivant lequel est dirigé l'un de ses axes $mu$. Son orientation autour de $mu$ étant arbitraire, choisissons-la de manière que, dans l'état déformé à la température $T_0 + t$, ce trièdre devienne le trièdre principal $Muvw$ au point M de l'axe longitudinal déformé. L'axe $Mv$, par exemple, est ainsi dirigé suivant un rayon du cylindre et la distance de M à l'axe du cylindre est $a_0$ pour $t = 0$.

Tout d'abord, du fait que, dans le profil primitif, les courbes limites des deux substances sont des circonférences concentriques, il résulte que, dans l'état déformé à la température $T_0 + t$, chaque profil reste plan et normal à l'axe longitudinal. Le déplacement élastique en un point $(v, w)$ du profil primitif se réduit ainsi à ses composantes tangentielles

$$\mathfrak{v} = -\sigma\left(\partial v - \frac{1+\partial}{R}\,\frac{v^2 - w^2}{2}\right) + (1+\sigma)\,\mathrm{D}t\,v,$$

$$\mathfrak{w} = \left[-\sigma\left(\partial - \frac{1+\partial}{R}\,v\right) + (1+\sigma)\,\mathrm{D}t\right]w,$$

R étant le rayon de courbure de l'axe longitudinal déformé, $\partial$ la dilatation longitudinale en M comptée à partir de l'état naturel primitif, $\sigma$ le coefficient de Poisson et D le coefficient de dilatation thermique linéaire, coefficients qui doivent avoir respectivement mêmes valeurs pour les deux subs-

tances, sans quoi il y aurait décollement des deux parties constitutives de la ligne dans le passage de l'état primitif à l'état déformé.

Il en résulte que le point ($v = \rho\cos\alpha$, $w = \rho\sin\alpha$) du profil primitif $mvw$ est, dans le profil déformé $Mvw$, venu au point

$$V = \lambda\cos\alpha + \mu\cos2\alpha, \qquad W = \lambda\sin\alpha + \mu\sin2\alpha,$$

en posant

$$\lambda = \rho[1 - \sigma\partial + (1+\sigma)Dt], \qquad \mu = \rho^2\frac{\sigma}{2}\frac{1+\partial}{R}.$$

Dans le cas de la self-inductance étudiée, on a

(1) $\rho_1 = 0^{mm},23, \qquad \rho_2 = 0^{mm},25, \qquad \mathcal{R}_0 = 45^{mm}, \qquad \sigma = 0,34, \qquad D = 1,62.10^{-5},$

de sorte que le rapport $\mu/\lambda$ est tout au plus de l'ordre de $10^{-3}$. Il en résulte qu'une circonférence primitive de centre $m$ et de rayon $\rho$ s'est transformée en une courbe qui diffère très peu d'une ellipse, dont le petit axe est dirigé suivant $Mv$ et dont le centre est au point d'abscisse $\mu$, les longueurs des demi-axes étant respectivement

$$\lambda \quad \text{et} \quad \lambda\left(1 + 2\frac{\mu^2}{\lambda^2}\right),$$

de sorte que l'aplatissement est ici, tout au plus, de l'ordre de $10^{-6}$.

Cela posé, soient $\lambda_1$, $\mu_1$ et $\lambda_2$, $\mu_2$ les valeurs de $\lambda$, $\mu$ pour $\rho = \rho_1$ et $\rho = \rho_2$; la distance du point M au cylindre étant $\lambda_2 + \mu_2$, on voit que le rayon de la bobine est

$$\mathfrak{A} = \lambda_2 + \mu_2 - \mu_1 + \mathcal{R},$$

$\mathcal{R}$ étant le rayon du cylindre de quartz à la température $T_0 + t$. On reconnaît alors que cette expression peut être mise sous la forme

$$\mathfrak{A} = a_0(1+\alpha), \tag{2}$$

en posant

$$\alpha = -\frac{\sigma}{2}\left(\frac{\rho_1}{a_0}\right)^2\left(1 + \frac{\mathfrak{T}_0}{ES}\right) + \frac{\rho_2(1+\sigma)D + \mathcal{R}_0 D_1}{a_0 + \rho_2\sigma\left(1 - \frac{1}{2}\frac{\rho_2}{\rho_2 + \mathcal{R}_0}\right)}\left[1 - \frac{\sigma}{2}\frac{\rho_2^2}{a_0(\rho_2 + \mathcal{R}_0)}\right]t, \tag{3}$$

E désignant la valeur moyenne du module de Young dans le profil total S et $D_1 = 1,34.10^{-5}$ le coefficient de dilatation thermique linéaire du cylindre de quartz.

En remplaçant, dans (3), $a_0$ par sa valeur approchée $\rho_2 + \mathcal{R}_0$, on voit, d'après (1), que, pour $t = \pm 10°$, ce qui est un grand maximum, $\alpha$ n'est

que de l'ordre de $10^{-4}$. En supposant $a_0$ déterminé à $10^{-5}$ près, il suffira, d'après (2), que $\alpha$ soit connu à $10^{-2}$ près, pour que l'erreur relative sur $\mathfrak{R}$ soit pratiquement la même que sur $a_0$. On peut donc écrire plus simplement

$$\alpha = -\frac{\sigma}{2}\left(\frac{\rho_1}{\rho_2+\mathcal{R}_0}\right)^2 + \frac{\rho_2(1+\sigma)\mathrm{D}+\mathcal{R}_0\mathrm{D}_1}{\rho_2(1+\sigma)+\mathcal{R}_0}\,t,$$

soit encore, d'après (1),

$$\alpha = (-4,40 + 13,42t)\,10^{-6}.$$

Ce résultat montre toute l'importance d'une détermination précise des températures *uniformes* $\mathrm{T}_0$ et $t$, pour être sûr de connaître le rayon de la bobine à l'approximation désirée.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'hypothèse des fibres.* Note de M. **J. Haag.**

1. Les théories élémentaires de la résistance des matériaux reposent sur l'hypothèse des *fibres*, qui consiste à décomposer le corps élastique en petits cylindres parallèles, indépendants les uns des autres et à chacun desquels on applique les formules de l'extension. Cette hypothèse est généralement fausse. Elle conduit néanmoins à des résultats asymptotiquement exacts, quand les dimensions transversales sont infiniment petites vis-à-vis des rayons de courbure et de torsion de la fibre neutre [1].

Je me suis proposé de chercher *tous les cas où cette hypothèse est rigoureusement correcte.*

2. Soit une famille de plans P, dépendant d'un paramètre $t$ et leurs trajectoires orthogonales F. Dans l'un des plans P, traçons une courbe fermée $\Gamma$. Le corps élastique considéré est limité latéralement par la surface S décrite par les courbes F s'appuyant sur $\Gamma$; à ses deux extrémités, il est limité par deux plans P particuliers.

Considérons maintenant une aire infiniment petite, intérieure à $\Gamma$. Les courbes F qui traversent cette aire engendrent une *fibre*.

Je me suis proposé les trois problèmes suivants :

Problème I. — *Déterminer la déformation et les forces extérieures de telle manière que l'effort sur la surface latérale de chaque fibre soit normal à cette surface.*

(1) Cf. J. Haag, *Ann. Éc. Norm.*, 3e série, 46, 1929, p. 105.

Problème II. — *Même question en supposant l'effort identiquement nul.*

Problème III. — *En supposant les conditions du problème I, déterminer* $\Gamma$ *pour que l'effort sur* S *soit nul.*

3. Pour résoudre ces trois problèmes, j'ai employé la même méthode que dans mon Mémoire précité. Prenons pour axes mobiles deux axes rectangulaires $Ox$, $Oy$ invariablement liés à $\Gamma$ et l'axe $Oz$ perpendiculaire. Les rotations et translations du trièdre $Oxyz$ sont $p$, $q$, o, o, o, $\zeta$. La courbe F décrite par O est la *fibre de référence*.

Après la déformation, les trois fonctions $p$, $q$, $\zeta$ subissent les accroissements infiniment petits $p_1$, $q_1$, $\zeta_1$, qui caractérisent la *déformation de la fibre de référence*.

Considérons maintenant un point $M(x, y)$, intérieur à $\Gamma$. Après déformation, il vient en $M'$. Soit $t'$ la nouvelle valeur de $t$, définie au moyen de la nouvelle fibre de référence et soient $x'$, $y'$ les coordonnées de $M'$ par rapport aux nouveaux axes $O'x'y'$. La *déformation des sections droites* est définie par les trois fonctions de $x$, $y$, $t$,

$$u = x' - x, \qquad v = y' - y, \qquad w = t' - t.$$

4. *Solution du problème I.* — La déformation est donnée par les formules suivantes :

$$u = a(x^2 - y^2) - 2bxy + mx + P,$$
$$v = b(x^2 - y^2) + 2axy + my + Q,$$
$$hw = A(x^2 + y^2), \qquad h = \zeta + py - qx.$$

Dans ces formules, $a$, $b$, $m$, A sont des fonctions de $t$ assujetties aux conditions suivantes :

$$\frac{da}{dt} = qA, \qquad \frac{db}{dt} = pA, \qquad \frac{dm}{dt} = -2\zeta A.$$

Quant à P, Q, ce sont deux *fonctions harmoniques conjuguées* de $x$, $y$, nulles pour $x = y = 0$ et indépendantes de $t$.

La loi de forces est donnée par des formules simples, que nous n'écrivons pas, pour ne pas allonger cette Note.

5. *Solution du problème II.* — La solution générale s'obtient sans difficulté. On peut déterminer la nouvelle fibre de référence par des quadratures. Chaque section droite reste plane et se déforme homothétiquement suivant la loi de Poisson. Les efforts sur cette section sont exactement les mêmes que dans le problème classique de l'extension d'un cylindre. La

force de profondeur est une répulsion ou une attraction inversement proportionnelle à la distance, exercée sur chaque point M par la caractéristique du plan P.

Du point de vue mathématique, cette solution est très simple; mais elle semble ne présenter aucun intérêt pratique, parce que la force de profondeur obéit à une loi trop artificielle.

Il n'y a qu'un cas où la loi de force est simple; c'est le *cas où les fibres sont rectilignes*. Les fibres se déforment suivant des arcs de cercle et la force de profondeur est une force constante parallèle aux fibres. Dans le cas particulier où cette force est nulle, on retombe sur le problème de la *flexion simple*, traité par Barré de Saint-Venant.

6. *Solution du problème III.* — Ce problème est beaucoup plus difficile que les précédents. On a d'abord une solution obtenue en prenant pour P et Q deux polynomes conjugués du second degré, la courbe Γ étant une *ellipse*. La loi de force est assez simple mathématiquement; mais elle est encore artificielle.

La recherche systématique de toutes les autres solutions conduit à distinguer plusieurs cas.

*Cas où les fibres sont rectilignes.* — On peut choisir arbitrairement Γ. La détermination des fonctions P et Q se ramène alors au problème de Dirichlet.

*Cas où le corps est de révolution.* — Les fibres sont circulaires après déformation. Le calcul de la fonction P se ramène au problème I de ma précédente Note [1], dans le cas où la fonction F est nulle.

*Cas où les fibres sont planes.* — Les fibres restent planes et le calcul de la fonction P se ramène au problème IV de la Note précitée.

*Cas où les fibres sont sphériques.* — Les fibres restent sphériques et le calcul des fonctions P et Q se ramène au problème II de ma précédente Note, dans le cas où les fonctions $F_1$, $F_2$ sont linéaires.

*Cas général.* — La détermination des fonctions P et Q se ramène au problème III de ma précédente Note.

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1336.

GÉNÉTIQUE. — *Hérédité de la gynodiœcie chez le* Petasites japonicus. Note de M. **S. Ikeno.**

La lecture de la Note de MM. Lavialle et Jaeger à propos de leur étude sur l'hérédité du *Knautia arvensis* (¹) me conduit à publier la présente Note concernant celle de la gynodiœcie chez le *Petasites japonicus*, que j'étudie actuellement.

Chez cette Composée, qui se trouve au Japon à l'état sauvage et aussi en culture, il y a les deux sortes de pieds, qui se distinguent par la différence sexuée des capitules qu'ils portent respectivement. Chez une sorte, chaque capitule est composé d'un certain nombre de fleurs femelles, soit trente par exemple, quelquefois accompagnées d'un peu de fleurs hermaphrodites (par exemple une seule dans le capitule contenant plus de trente fleurs), tandis que chez l'autre il contient exclusivement des fleurs hermaphrodites. En d'autres termes, notre plante est gynodioïque.

*Expérimentation.* — Les fleurs hermaphrodites sont *tout à fait stériles* sans aucune exception au moyen de la pollinisation, soit par leur propre pollen, soit par celui venant d'autres fleurs ou pieds. Au contraire, celle des fleurs femelles par le pollen des fleurs hermaphrodites conduit toujours au développement d'un nombre d'akènes, et il importe de noter que la postérité, à laquelle ils donnent naissance, se compose de deux sortes de pieds, hermaphrodites et femelles, *à peu près en même nombre*.

De ce que je viens d'exposer résulte que : 1° le pied hermaphrodite de notre plante est hermaphrodite au sens morphologique, mais mâle au sens physiologique; 2° si l'on considère d'après Correns que la forme unisexuée est dominante par rapport à la forme hermaphrodite, la fécondation des fleurs femelles par le pollen des fleurs hermaphrodites correspond à un cas du croisement de retour de la forme $(A + a) \times a$; 3° le pied femelle de notre plante peut exister seulement comme un hétérozygote $Aa$.

M. **G. Urbain** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage publié sous sa direction et celle de M. Marcel Boll : *La Science, ses progrès, ses applications*.

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 603.

## CORRESPONDANCE.

Le **Comité d'organisation** prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter au *Congrès des Mathématiciens des pays slaves*, qui aura lieu à Prague du 23 au 28 septembre 1934.

M. **Constantin Levaditi** déclare retirer la candidature qu'il avait posée à la place vacante dans la Section d'Économie rurale par le décès de M. *E. Roux*.

ALGÈBRE. — *Les systèmes linéaires d'équations unilatérales quaternioniennes.* Note de M. **Sylvain Wachs**, présentée par M. Élie Cartan.

L'objet de cette Note est d'étendre au cas général la méthode que Study (¹) a appliquée au cas particulier de deux équations. Les systèmes dont il est ici question sont de deux formes distinctes :

$$(\mathrm{I}_d) \qquad \sum_{i=1}^{n} a^j_i x_i = \xi_j; \qquad\qquad (\mathrm{I}_g) \qquad \sum_{h=1}^{n} y_h b^h_k = \eta_k.$$

Chacun de ces systèmes est équivalent à un système linéaire de $2n$ équations à coefficients et variables complexes ordinaires. $\Delta_d$ et $\Delta_g$ désignant respectivement le déterminant de degré $2n$ de ces systèmes, nous avons démontré que $\Delta_d$ et $\Delta_g$ étaient des fonctions entières, le premier des coefficients du système $(\mathrm{I}_d)$ et de leurs conjugués, le second des coefficients du système $(\mathrm{I}_g)$ et de leurs conjugués. Ces fonctions sont des formes d'Hermite définies positives, l'une à droite, l'autre à gauche, par rapport aux éléments d'une colonne du tableau des coefficients du système correspondant

$$\Delta_d = \sum_h \sum_k a^{\bar h}_i \mathrm{A}^i_{hk} a^k_i, \qquad \Delta_g = \sum_p \sum_q b^p_s \mathrm{B}^s_{pq} b^{\bar q}_s;$$

---

(¹) Voir Study, *Math. Zeitschr.*, 18, 1923, p. 55-86 et 201-229; 21, 1924, p. 45-71 et 174-194.

$A^i_{hk}$ étant une fonction entière dépendant des $a^\lambda_\mu$ et des $a^{\overline{\lambda'}}_{\mu'}$ pour toutes valeurs de $\lambda$, $\mu$, $\lambda'$, $\mu'$ sauf pour $\mu = i$, $\mu' = i$, $\lambda = k$, $\lambda' = h$. Les B sont définis de façon analogue. (La notation $\bar{z}$ désigne le quaternion conjugué de $z$.) Cette forme que l'on peut ainsi associer sans ambiguïté à un système linéaire unilatéral quaternionien sera dite le $\nabla$ du système.

Nous avons montré que ce $\nabla$ permettait de résoudre les systèmes ($I_d$) et ($I_g$)

$$\nabla x_i = \Delta_d x_i = \sum_{h=1}^{n} \frac{\partial \nabla}{\partial a^h_i} \xi_h, \qquad \nabla y_s = \Delta_g y_s = \sum_{p=1}^{n} \eta_p \frac{\partial \nabla}{\partial b^p_s}.$$

Nous obtenons alors le théorème suivant qui est fondamental :

*La condition nécessaire et suffisante pour qu'un système linéaire unilatéral homogène quaternionien ait des solutions non toutes nulles, est que le* $\nabla$ *de ce système soit nul.*

La fonction $\nabla$ jouit de propriétés analogues à celles des déterminants. Citons les principales pour le $\nabla$ d'un système ($I_d$); elles restent vraies pour le $\nabla$ d'un système à gauche en remplaçant simplement le mot droite par le mot gauche et *vice versa :*

1° Si l'on multiplie une ligne par $\rho$ (à gauche) ou une colonne par $\rho$ (à droite), $\nabla$ est multiplié par $\rho\bar{\rho}$;

2° La condition nécessaire et suffisante pour qu'un $\nabla$ soit nul est qu'il existe entre les éléments d'une ligne une relation unilatérale linéaire (à gauche) ou entre les éléments d'une colonne une relation linéaire unilatérale (à droite);

3° Un $\nabla$ ne change pas quand on permute deux lignes ou deux colonnes;

4° Il existe une loi de multiplication des $\nabla$ de même espèce (correspondant à des systèmes de même nature) :

$$\{ a^k_i \} \times \{ c^l_j \} = \{ d^p_q \} \qquad \text{avec} \qquad d^p_q = \sum_h a^p_h \, b^h_q;$$

la notation $\{ \}$ désigne le $\nabla$.

Indiquons encore les propriétés suivantes qui sont vraies pour le $\nabla$ d'un système $I_g$ ou d'un système $I_d$ :

1° $A^i_{hh}$ ou $B^i_{hh}$ est un $\nabla$ qui s'obtient en supprimant dans le tableau du système la ligne de rang $h$ et la colonne de rang $i$;

2° Si $a^j_i = b^i_j$, alors $\Delta_d = \Delta_g$;

3° $A^i_{\lambda h} \times A^i_{h\mu} = A^i_{hh} \times A^i_{\lambda\mu}$;

4° Le $\nabla$ formé avec les $\alpha_k^i (\alpha_k^i = \partial\nabla/\partial a_i^k)$ est égal à $\nabla^{2n-1}$;

5° Si nous supposons que $a_k^i = \overline{a_i^k}$, $\nabla$ est un carré parfait et l'on peut démontrer que $\sqrt{\nabla}$ est identique au discriminant de la forme d'Hermite à variables quaternioniennes $f = \Sigma\Sigma x_i a_i^j \overline{x_j}$, que l'on définit par la réduction de cette dernière à sa forme canonique. Ce discriminant est, du reste, un invariant pour toutes les substitutions effectuées sur les variables de la forme $f$ (c'est-à-dire se reproduit multiplié par le $\nabla$ de la substitution).

AVIATION. — *Sur le minimum de puissance dépensée par les machines volantes.* Note [1] de M. **W. Margoulis**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Dans mon travail *Les Hélicoptères* [2] j'ai étendu la notion de la *polaire*, jusqu'alors employée pour les avions, à toutes les machines volantes (hélicoptères, autogyres, ailes battantes, roues à aubes, etc.) en considérant comme composantes de la polaire le coefficient de poussée et le coefficient de puissance utile

$$\bar{c}_z = \frac{F_z}{0,5\rho\pi R^2 V^2}, \qquad \bar{c}_x = \frac{\Pi_m + F_x V}{0,5\rho\pi R^2 V^3},$$

où $F_x$ et $F_z$ sont les composantes des efforts de l'air sur l'organe sustentateur, $\Pi_m$ la puissance motrice dépensée pour actionner les organes sustentateurs *mobiles* et R la moitié de l'envergure.

L'emploi de ces coefficients présente le très grand avantage de fixer pour certains sustentateurs et notamment pour les voilures et pour les hélices, des *polaires des sustentateurs parfaits*, qui indiquent pour chaque portance le minimum de puissance nécessaire pour produire cette portance.

J'ai trouvé depuis une expression générale $\bar{c}_x = f(\bar{c}_z)$ qui s'applique à n'importe quelle machine volante.

Tout organe sustentateur peut être réduit à un plan (que pour simplifier nous supposerons parallèle au mouvement de translation) à travers lequel passe un certain débit d'air auquel ce plan communique une vitesse $u$ normale à la vitesse de translation V.

La force sustentatrice est

$$F_z = 2\pi\rho R^2 u \sqrt{V^2 + u^2},$$

(1) Séance du 4 mars 1934.

(2) Gauthier-Villars, 1922. Voir également W. Margoulis, *Travaux du Cercle d'études aérotechniques*, fasc. I, 1928.

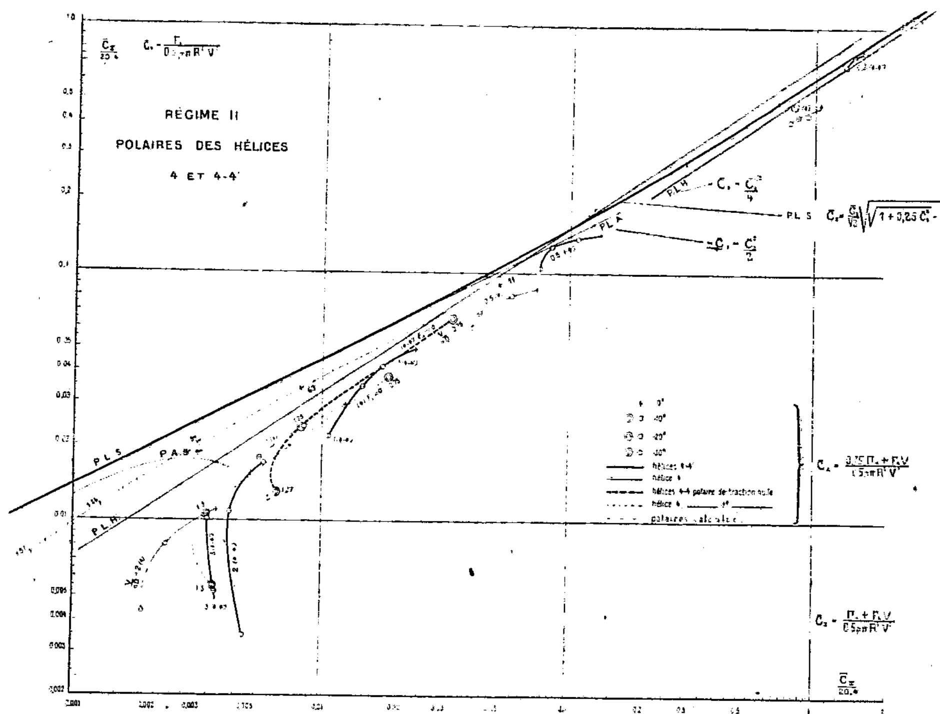
et le coefficient de poussée

$$\bar{c}_z = 4\sqrt{\frac{u^2}{V^2}\left(1 + \frac{u^2}{V^2}\right)},$$

d'où

$$\frac{u}{V} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\sqrt{1 + \frac{\bar{c}_z^2}{4}} - 1}.$$

Or, d'après la théorie de Joukowski, l'existence d'une vitesse $u$ normale




à la vitesse de translation fait tourner la résultante d'un angle

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{u}{V} = \frac{\bar{c}_x}{\bar{c}_z}.$$

On a finalement

$$(a) \qquad \bar{c}_x = \frac{\bar{c}_z}{\sqrt{2}}\sqrt{\sqrt{1 + \frac{\bar{c}_z^2}{4}} - 1},$$

qui est l'expression générale donnant le minimum de résistance (et de puissance) des machines volantes pour un poids, une vitesse et une envergure donnés. On voit immédiatement que lorsque V est grand (cas de l'avion) $\bar{c}_z$ est

petit et $\bar{c}_x = \bar{c}_z^2/4$ (loi de Prandtl); lorsque $u$ est grand (cas de l'hélicoptère immobile) $\bar{c}_z$ est grand et $\bar{c}_x = \bar{c}_z^{3/2}/2$ (loi de Froude).

J'ai tracé sur la figure ci-dessus les courbes P. L. S., P. L. A. et P. L. H. correspondant respectivement à l'expression générale ($a$) et aux cas limites de l'avion et de l'hélicoptère. J'ai tracé également les courbes expérimentales obtenues en 1924 (¹) lors de mes essais sur des hélices sustentatrices isolées et coaxiales, ainsi que des courbes calculées d'après une théorie de Glauert et relatives à une hélice sustentatrice en translation (²). Il semble d'après ces calculs que mes résultats expérimentaux peuvent être considérablement améliorés, ce qui est bien possible, car mes essais, pour des raisons indépendantes de ma volonté, ont porté sur un seul modèle d'hélice. De nouvelles expériences s'imposent.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le tenseur de polarisation.* Note (³) de M. **Jules Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Notations.* — L'Ouvrage récent *L'électron magnétique* de M. L. de Broglie m'a amené à développer l'étude du *tenseur de polarisation* suivant la théorie d'Einstein (⁴) et celle, plus générale, de M. Th. De Donder (⁵). Dans ces théories sont introduits *deux* tenseurs de polarisation, l'un électromagnétique et l'autre magnétoélectrique, à savoir

$$(1) \quad \mathfrak{P}^{\alpha\beta}_{(e)} = \mathfrak{P}^{\alpha}_{(e)} u^{\beta} - \mathfrak{P}^{\beta}_{(e)} u^{\alpha} \quad \text{et} \quad \mathfrak{P}^{\alpha\beta}_{(\mu)} = \mathfrak{P}^{\alpha}_{(\mu)} u^{\beta} - \mathfrak{P}^{\beta}_{(\mu)} u^{\alpha} \quad (\alpha, \beta = 1, \ldots, 4),$$

où $cu^{\alpha}$ sont les composantes contravariantes de la vitesse du point considéré dans l'espace-temps, et où $\mathfrak{P}^{\alpha}_{(e)}$ et $\mathfrak{P}^{\alpha}_{(\mu)}$ sont respectivement les composantes tensorielles des intensités de polarisation électromagnétique et magnétoélectrique. Les forces électromagnétique et magnétoélectrique sont alors respectivement définies par les deux tenseurs antisymétriques

$$(2) \qquad \mathcal{K}^{\alpha\beta} = \mathfrak{H}^{\alpha\beta} - \mathfrak{P}^{\alpha\beta}_{(e)}, \qquad \mathcal{K}^{\alpha\beta}_{\chi} = \mathrm{H}_{\overline{\alpha\beta}} - \mathfrak{P}^{\alpha\beta}_{(\mu)},$$

(¹) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 735.

(²) Pour ces courbes, les valeurs de $\bar{c}_x$ ont été calculées en multipliant $\Pi_m$ par 0,75, ceci afin de pouvoir comparer *équitablement* les sustentateurs fixes avec les sustentateurs mobiles, dont le fonctionnement demande l'intervention d'une puissance motrice.

(³) Séance du 9 avril 1934.

(⁴) *Sitzungsberichte der K Preuss. Akademie der Wiss*, 2, 1914, p. 1064 à 1066.

(⁵) *Mém. des Sc. math.*, fasc. 14, 1926, p. 50-51.

où $\alpha\beta\overline{\alpha\beta}$ désigne une permutation paire des nombres 1, 2, 3, 4. M. Th. De Donder a montré (¹) que les équations de Maxwell prennent *la forme classique habituelle* si l'on pose

$$(3)\qquad \begin{cases} \mathcal{K}^{ij} = c\,\mathcal{H}_{x^k}, & \mathcal{K}^{ij}_{\chi} = c\,\mathrm{H}_{x^k} \\ \mathcal{K}^{i4} = -\mathrm{B}_{x^i}, & \mathcal{K}^{i4}_{\chi} = \mathcal{B}_{x^i} \end{cases} \qquad (i, j, k = 1, 2, 3),$$

où $i, j, k$ forment une permutation paire des nombres 1, 2, 3. On supposera toujours que $x^1, x^2, x^3$ représentent des coordonnées rectangulaires dextrogyres et $x^4$, le temps $t$. Notons qu'on a les relations vectorielles

$$(4)\qquad \mathrm{P} = \mathrm{B} - \mathrm{H} \quad \text{et} \quad \mathfrak{P} = \mathcal{B} - \mathcal{H},$$

où P et $\mathfrak{P}$ sont respectivement les vecteurs de polarisation électrique et magnétique.

2. *Le tenseur de polarisation.* — En vertu de (2), on a

$$(5)\qquad \mathcal{K}^{\overline{\alpha\beta}}_{\chi} - \mathrm{K}_{\alpha\beta} = \mathrm{R}_{\alpha\beta} \quad \text{avec} \quad \mathrm{R}_{\alpha\beta} = \mathrm{P}^{(e)}_{\alpha\beta} - \mathfrak{P}^{\overline{\alpha\beta}}_{(\mu)}.$$

Les identités (5) définissent un nouveau tenseur, que nous appellerons le *tenseur de polarisation*.

3. *Champ de Minkowski.* $(\delta s)^2 = -(\delta x^1)^2 - (\delta x^2)^2 - (\delta x^3)^2 + c^2(\delta t)^2$.

On déduit alors de (3), (4) et (5) que

$$(6)\qquad \mathrm{R}_{ij} = \mathfrak{P}_{x^k} \quad \text{et} \quad \mathrm{R}_{4k} = c\,\mathrm{P}_{x^k};$$

ceci justifie la dénomination donnée à $\mathrm{R}_{\alpha\beta}$. Posons, avec les coordonnées choisies ici,

$$cu^i = \beta v_{x^i}, \qquad cu^4 = \beta,$$
$$\beta\,\mathrm{P}^{(e)}_i = -\mathrm{P}^{(e)}_{x^i}, \qquad \beta\,\mathrm{P}^i_{(\mu)} = -\mathrm{P}^{(\mu)}_{x^i}.$$

Ces notations permettent de mettre les formules des paragraphes précédents sous la forme *vectorielle;* on obtient notamment, grâce à (1) et (5),

$$(8)\qquad \begin{cases} \mathfrak{P} = [\mathrm{P}_{(e)} \cdot v/c] + \mathrm{P}_{(\mu)} + \beta\,\mathrm{P}^4_{(\mu)}\,v, \\ \mathrm{P} = \mathrm{P}_{(e)} - \beta\,\mathrm{P}^4_{(e)}\,v + [v/c \cdot \mathrm{P}_{(\mu)}]. \end{cases}$$

La relation obtenue par Frenkel (²) se déduira immédiatement de (8) dans le cas particulier où $\mathfrak{P}^{\alpha}_{(e)} = 0$.

4. *Potentiels électromagnétiques.* — Dans les milieux polarisés, ces

---

(¹) *Annales de l'Institut Henri-Poincaré*, fasc. 2, 1930, p. 90.
(²) *Zeits. f. Phys.*, 37, IV-V, 1926, p. 243.

potentiels satisfont aux équations ([1])

$$g^{\alpha\beta}(\Phi^{\mu})_{.\alpha\beta} + G^{\mu}\,\Phi_{\varepsilon} = C^{\mu} + R^{\mu\nu}{}_{.\nu}. \tag{9}$$

Dans un champ de Minkowski, nous obtiendrons, par la théorie des potentiels retardés,

$$\Phi^{\mu} = \iiint \frac{1}{r}\left[C^{\mu} + R^{\mu\nu}{}_{.\nu}\right]_{t-\frac{r}{c}} d\tau; \tag{10}$$

cette formule montre, d'une façon générale ([2]), l'influence du tenseur de polarisation sur la valeur des potentiels.

PHYSIQUE. — *Sur le classement des masses atomiques.* Note ([3]) de M. **Adrien Jaquerod**, présentée par M. A. Cotton.

On possède actuellement, grâce aux beaux travaux d'Aston en particulier, des données exactes sur les masses atomiques de 38 éléments environ, déterminées au spectrographe de masse. Pour les éléments légers, la précision semble voisine de 1/25000<sup></sup>e; elle diminue lorsqu'on s'élève dans la série, mais reste probablement voisine de 1/10000e.

On obtient un classement très suggestif en opérant de la manière suivante : on considère, conformément à l'hypothèse de Prout, successivement abandonnée puis reprise sous diverses formes depuis un siècle, les atomes comme formés par la condensation d'un nombre $n$ d'atomes d'hydrogène. La masse d'un atome, en supposant la conservation de la masse, serait $nH^1$. Mais la condensation est accompagnée d'une mise en liberté d'énergie E (rayonnement, etc.), et, conformément à la loi de l'équivalence entre la masse et l'énergie (Einstein), il apparaît un défaut de masse $\Delta m$ donné par la relation $\Delta m = E/c^2$. Si A est la masse atomique, on a donc

$$nH^1 - A = \Delta m.$$

On porte alors sur un graphique le défaut de masse $\Delta m$ en fonction de $n$

---

([1]) J. Géhéniau, *Bull. Ac. R. Belg.*, *Cl. des Sciences*, 5e série, 18, 1931, p. 921.

([2]) A comparer à Th. De Donder, *Théorie mathématique de l'Électricité*, 1re partie, 1925, p. 169, et L. de Broglie, *L'électron magnétique*, 1934, p. 176, form. (25).

([3]) Séance du 16 avril 1934.

(qui est en même temps la masse atomique arrondie), et l'on obtient une distribution frappante.

En première approximation, les points se placent sur trois droites dont les équations sont :

(1) $$\Delta m = -0,02583 + 0,00916n,$$

(2) $$\Delta m = 0,073 + 0,00776n,$$

(3) $$\Delta m = 0,245 + 0,00648n.$$

La droite (1) est la plus remarquable ; elle est réalisée, à quelques exceptions près, avec une précision qui dépasse le 1/10000 de la valeur des masses atomiques correspondantes. S'en écartent par excès : He, écart très apparent qui correspond à la grande stabilité du noyau d'hélium (part. $\alpha$); puis à un moindre degré $C_{12}$ et $O_{16}$. A partir de $Ne_{20}$, les points tombent sur la droite à la précision près des déterminations. Les éléments de nombre de masse $n$ impair sont en général un peu au-dessous de la droite : $B_{11}$, $Li_7$, $Cl_{35}$, $Cl_{37}$. Elle se continue jusqu'à $Zn_{64}$ avec une grande rigueur. Le point $Cr_{52}$ arrive nettement au-dessus, mais il suffirait d'augmenter de 1/10000$^e$ la masse de cet atome pour rentrer dans l'ordre ; un tel écart ne semble pas impossible.

Au voisinage de $n = 70$ environ, il se produit un coude brusque, et les points se placent sur une nouvelle droite (2) qui se poursuit jusqu'à $Xe_{134}$. Là un deuxième coude se manifeste, et une troisième droite (3) prend naissance, de coefficient angulaire encore plus faible, qui se continue, je le suppose du moins mais sans preuve, jusqu'à l'uranium. Il serait très intéressant de posséder des masses atomiques exactes dans cette région.

Un flottement se manifeste autour de la droite (2) : les deux points correspondant à $Mo_{98}$ et $Mo_{100}$ sont nettement trop bas. Ils se placent sur un alignement secondaire allant de $Ar_{36}$ à $Xe_{134}$ que l'on peut appeler droite (4), dont l'équation est $\Delta m = 0,005 + 0,00828n$. Il est impossible de dire si cette droite (4) a une existence réelle et si d'autres éléments viendront s'y placer, ou si les valeurs admises pour Mo sont inexactes. Une seconde exception est offerte par les isotopes de l'étain, dont les points arrivent au-dessus de la droite (2) et se placeraient sur une nouvelle droite (5) partant de $Zn_{64}$ et à peu près parallèle à (4). Son équation serait $\Delta m = 0,046 + 0,00813n$.

Si l'on fait abstraction des droites (4) et (5) incertaines, et reconnaissant cependant l'existence d'un certain flou dans la région comprise entre les nombres de masse 70 et 134, on peut donc, dans l'ensemble, représenter les

défauts de masse par trois droites de coefficients angulaires décroissants, dont les équations (1), (2), (3) sont données plus haut. Dès maintenant, on peut essayer de *prévoir* les masses atomiques de nombreux atomes, et je vais, pour terminer, montrer par quelques exemples ce qui en est. J'ai choisi certain éléments qui sont considérés comme n'ayant pas d'isotopes, et des éléments à deux isotopes et pour lesquels, les masses exactes $A_1$ et $A_2$ étant calculées d'après leur $\Delta m$, on peut prévoir la proportion $x$ selon laquelle ils entrent dans le mélange de façon à reproduire la masse atomique $A_m$ que donne l'analyse chimique : $x_1 = A_2 - A_m / A_2 - A_1$.

| Éléments. | Masses atomiques chimiques. | Isotopes. | Masses atomiques calculées. | Proportion des isotopes pour 100. |
|---|---|---|---|---|
| Na ......... | 22,997 | $Na_{23}$ | 22,9939 | |
| Al ......... | 26,97 | $Al_{27}$ | 26,988 | |
| Bi ......... | 209,00 | $Bi_{209}$ | 209,02 | |
| Ra ......... | 225,97 | $Ra_{226}$ | 226,04 | |
| K .......... | 39,10 | $K_{39}$ | 38,978 | 92,5 |
| | | $K_{41}$ | 40,969 | 6,5 |
| Ca ......... | 40,08 | $Ca_{40}$ | 39,971 | 97,3 |
| | | $Ca_{44}$ | 43,964 | 2,7 |
| Cu ......... | 63,55 | $Cu_{63}$ | 62,9385 | 69,5 |
| | | $Cu_{65}$ | 64,9358 | 30,5 |

Le tableau rend compte de quelques résultats. Son examen semble autoriser à affirmer que les masses atomiques de Na, Al, et peut-être Ra, doivent être révisées. Il sera très intéressant de savoir si l'expérience confirme les prévisions relatives aux proportions d'isotopes Ca et K.

PHYSIQUE. — *Compensation de l'énergie électronique et de l'énergie de répulsion dans la molécule d'hydrogène.* Note de M. **Jean Savard**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une précédente Note [1], nous avons posé le postulat suivant :

« L'énergie de répulsion $\Delta(U)$ s'exerçant entre les ions d'une molécule $A_2$, ayant perdu ses $2n$ électrons de liaison, est égale à la différence des accrois-

[1] *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1122.

sements des valeurs des potentiels d'ionisation de la molécule et des atomes, par rapport à des lois linéaires de croissance de ces potentiels en fonction de leur ordre,

$$\Delta(U) = [\Sigma^{2n} I_m - 2n I_m] - [2\Sigma^n I_a - 2n I_a];$$

$I_a$ et $I_m$ étant les potentiels d'ionisation expérimentaux de l'atome et de la molécule (défini par le principe de Franck et de Condon); $\Sigma^{2n} I_m = I_m + I'_m + \ldots + I^{2n}_m$ représente le travail nécessaire pour arracher successivement à la molécule ses $2n$ électrons de liaison; $\Sigma^n I_a = I_a + I'_a + \ldots + I^n_a$ représente le travail nécessaire pour enlever successivement les $n$ électrons de valence de l'atome ».

Ce postulat fut vérifié indirectement ([1]) en calculant, par son intermédiaire, les énergies de dissociation des molécules normales en atomes normaux.

Mais la molécule $H_2$ en permet une vérification immédiate. Dans ce cas, en effet, le postulat se simplifie et s'écrit :

$$\Delta(U) = I'_m - I_m;$$

c'est-à-dire : l'énergie de répulsion s'exerçant entre les deux noyaux $H^+$ est égale à la différence des potentiels d'ionisation de l'ion $H_2^+$ et de la molécule.

Il importe de définir la distance qui sépare les noyaux au moment où s'exerce l'énergie de répulsion $\Delta(U)$.

Nous partons d'une molécule normale : distance entre les noyaux 0,75 Å. Lui ayant enlevé un électron par bombardement électronique, nous obtenons un ion $H_2^+$ dont les noyaux sont toujours distants de 0,75 A. Le travail dépensé est représenté par le potentiel d'ionisation expérimental de la molécule d'hydrogène : $I_m = 15,7$ volts.

Enlevons maintenant l'électron restant de notre ion $H_2^+$ sans changer la distance qui sépare les noyaux. Le travail dépensé, c'est-à-dire le potentiel d'ionisation de deuxième ordre sera $I'_m$. Les noyaux obtenus seront toujours séparés par 0,75 Å.

En d'autres termes, si nous considérons les courbes obtenues en portant en ordonnées les énergies potentielles U et en abscisses les distances $r$ des noyaux, notre processus consiste à atteindre la courbe d'énergie

([1]) *J. de Physique et le Radium*, 7e série, 4, 1933, p. 650, et 5, 1934, p. 27.

en répulsion des deux noyaux en nous élevant le long de la verticale $x = r_0 = 0{,}75$ Å.

L'énergie de répulsion ainsi définie est égale à

$$\Delta(U) = \frac{e^2}{r_0} = 19{,}65 \text{ volts}.$$

D'autre part, Hylleraas (¹) a calculé les constantes d'énergie de l'ion $H_2^+$ en fonction de la distance $r$.

Pour $r = 0{,}75$ Å, la seule énergie électronique est égale à $-2{,}6087\, Rh$ (R = constante de Rydberg; $h$, constante de Planck), ou 35,32 volts.

Le potentiel d'ionisation de l'ion, dont les noyaux sont distants de 0,75 Å, est donc 35,32 volts.

L'énergie de répulsion calculée par notre postulat sera

$$\Delta(U) = 35{,}32 - 15{,}7 = 19{,}62 \text{ volts}$$

en remarquable accord avec la valeur précédemment déduite de la loi de Coulomb.

Le principe de compensation est donc exactement vérifié.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Nouvelle méthode pour amplifier et produire des oscillations à basse fréquence.* Note (²) de M. **Th. V. Ionescu** et Mlle **Ionica Cerkez**, présentée par M. A. Cotton.

Sous la cloche d'une machine pneumatique nous avons disposé deux cylindres concentriques en aluminium dont la longueur a toujours été $6^{cm}$, tandis que les diamètres des cylindres extérieurs ont été successivement 9; 6; 5 et $4^{cm}$, et ceux des cylindres intérieurs 1,7; 0,7; 0,5 et $0^{cm},15$.

On pouvait vider la cloche jusqu'à $10^{-4}$ mm/Hg et y introduire de l'hydrogène à la pression voulue. Les cylindres pouvaient être successivement anode ou cathode; le courant était produit par une dynamo de 0,3 A × 2000 V et de 750 ohms de résistance intérieure.

On pouvait introduire un champ magnétique parallèle à l'axe des cylindres produit par deux bobines disposées à la manière de Helmholtz; ce champ pouvait varier entre 0 et 170 gauss.

---

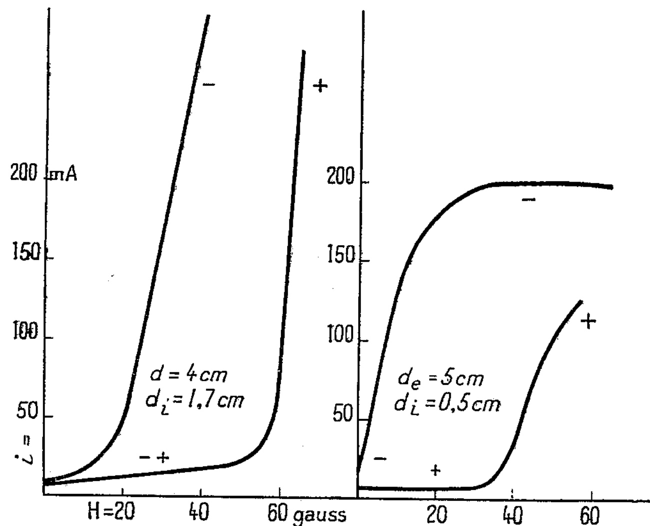
(¹) *Zeitschrift f. Physik*, 71, 1931, p. 739.

(²) Séance du 16 avril 1934.

Lorsque la décharge passe, l'espace de Crookes, la lumière négative et l'espace de Faraday prennent la forme de cylindres concentriques.

Le champ magnétique rétrécit l'épaisseur de l'espace de Crookes [1]. Lorsque le cylindre extérieur joue le rôle de cathode, on observe deux espaces de Crookes et deux lumières négatives, l'une à l'extérieur du cylindre et l'autre, plus brillante, à l'intérieur de celui-ci.

Pour de grandes valeurs du champ magnétique, la surface de séparation



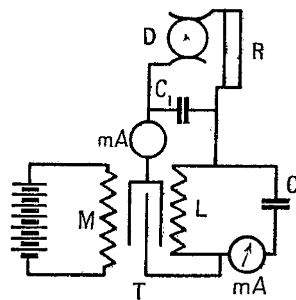




Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

entre l'espace de Crookes et la lumière négative devient très nette ; en même temps auprès de l'anode apparaît une lumière rose qui rappelle celle de la colonne positive dans les décharges striées.

Nous avons étudié la variation de l'intensité du courant en fonction du champ magnétique, l'excitation de la dynamo étant constante ; mais nous avons aussi tracé des caractéristiques à potentiel constant des cylindres. Sur le graphique ci-dessus (*fig.* 1-2) $d_e$ et $d_i$ indiquent les diamètres des cylindres, — les signes + et — indiquent la polarité du cylindre extérieur —, l'intensité *i* du courant est donnée en milliampères et le champ magnétique H en gauss. Les caractéristiques variant avec le diamètre des

---

(1) Ces observations sont en accord avec celles de A. Güntherschulze (*Zeitschrift für Physik*, 24, 1924, p. 140), qui a employé une cathode plane et un champ magnétique parallèle à la surface de la cathode. Nous montrerons ailleurs comment la densité de courant varie en fonction de l'épaisseur de l'espace de Crookes.

cylindres, on peut choisir des diamètres convenables pour construire des amplificateurs et des oscillateurs.

Le tube T en verre (*fig.* 3) contient un cylindre en aluminium de $3^{cm}$ de long dont le diamètre est de $5^{cm}$. Sur son axe on voit un cylindre de $4^{cm}$ de long et de $0^{cm},5$ de diamètre. On introduit ce tube dans la bobine L qui à son tour est introduite dans la bobine M. Cette dernière produit un champ magnétique constant de valeur convenable qui s'ajoute au champ variable de la bobine L.

Si la bobine L a un nombre suffisant de spires et si le champ produit par M est nul, l'intensité du courant atteint, dans le cas de la figure 2, une très grande valeur. Dans ce cas l'on obtient des oscillations dans le circuit $C_1$, L, T. Le condensateur $C_2$ ne joue alors aucun rôle, par conséquent la fréquence des vibrations dépend seulement de L, $C_1$ et de la résistance R.

Si les caractéristiques ont la forme montrée sur la figure 1, pour obtenir les vibrations on a besoin du champ magnétique produit par M. Seulement dans ce cas il faut que le sens du champ soit tel que le courant augmente dans L lorsqu'il augmente en M.

Si le champ produit par M est de sens contraire, et a en outre une valeur convenable, les oscillations se produisent dans le circuit L, $C_2$, qui détermine lui seul leur fréquence.

Pour ces oscillations on a toujours besoin du champ magnétique quelle que soit la caractéristique du tube.

Nous avons obtenu des fréquences comprises entre 2 et 15000 périodes par seconde. La tension aux bornes du tube a été de 500-600 volts et la pression de l'hydrogène de $0^{mm},4$.

Le courant oscillant obtenu dans le circuit $LC_2$ a été de 0,5-1 ampère.

SPECTROSCOPIE. — *Vie moyenne d'un terme spectroscopique et largeur des raies spectrales.* Note de M. **Ion I. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Le principe d'incertitude de Heisenberg appliqué au couple de variables canoniques conjuguées *temps-énergie* s'exprime de la manière connue : $\Delta t \times \Delta E = h$.

Cette relation justifie mathématiquement un fait relevé par l'expérience : savoir que les raies spectrales qui correspondent à une transition entre

deux niveaux d'énergie dont l'un n'est pas stable sont larges. Il manque pourtant une représentation physique qui nous permette de saisir de plus près la liaison entre la largeur spectrale des raies et l'instabilité d'une configuration d'énergie atomique ou moléculaire. Nous nous proposons ici de présenter une image simple de ce phénomène.

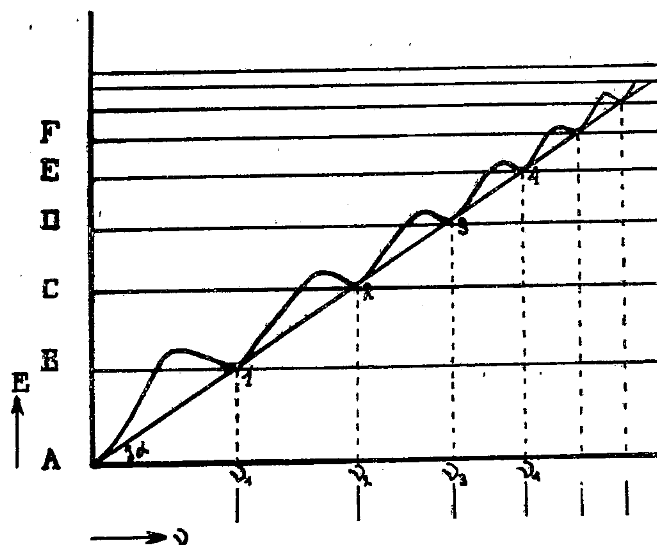
Considérons un ensemble de particules qui étant dans un même état initial absorbent de la lumière de même fréquence et suffisante pour les porter à un état quantique supérieur. L'absorption entraîne une perturbation de l'édifice formé à l'intérieur des particules par des couplages électriques et magnétiques déformables. Il résulte de cette déformabilité que, après l'absorption, les particules oscilleront un certain temps dans leur nouvel état quantique autour d'une même énergie potentielle minima. Ces oscillations d'énergie présentent des différences de phase.

Si nous admettons que les particules sont parfaitement identiques et qu'elles ont eu exactement la même énergie initiale, ces différences de phase proviennent seulement du fait que le processus de l'absorption s'étend sur un certain intervalle de temps (très petit). En somme les particules occuperont, pendant un certain temps, dans le nouvel état quantique, des positions d'énergie différente autour d'une même énergie potentielle minima. Supposons que la vie moyenne des particules dans l'état activé soit suffisamment longue. Ce fait permettra, en raison des amortissements des oscillations, une agglomération des particules dans l'état correspondant à la position d'énergie potentielle minima. Donc la majorité des particules occupera, dans un niveau d'énergie stable, une bande restreinte d'énergie. La combinaison des deux niveaux de cette sorte donnera une raie spectrale fine, comprenant un domaine de fréquences étroitement limité. Au contraire, si la vie moyenne des particules activées à un certain niveau est petite par rapport au temps d'amortissement des petites oscillations autour de la position d'énergie potentielle minima, les particules occuperont une bande d'énergie large dans le niveau et les raies correspondantes seront larges.

Le diagramme permet de se faire une image plus intuitive de ce que nous venons de dire. En ordonnées sont portées les énergies quantisées des particules; en abscisses les fréquences correspondantes. Les minima de l'onde dessinée représentent les états quantisés de nos molécules ou atomes. La droite qui joint ces minima est déterminée par la formule $E = \tang\alpha . \nu = h\nu$ avec $h = \tang\alpha$ où $h$ est la constante de Planck.

La largeur des raies de fréquences $\nu_1$, $\nu_2$, $\nu_3$, ... est déterminée par les

positions des particules autour des points 0, 1, 2, 3, d'énergie potentielle minima, de chaque état quantique. Si la vie moyenne est suffisamment longue, les oscillations d'énergie, dans un état quantique donné, dont on a parlé plus haut, auront le temps de s'amortir et la plupart des molécules ou atomes seront groupés très près des positions d'énergie potentielle minima.




Le diagramme indique que dans ce cas les raies correspondantes seront fines. Le contraire a lieu si la vie moyenne des particules est plus courte que le temps moyen d'amortissement des oscillations d'énergie.

Comme exemple de ce que nous venons de dire nous pourrions rappeler l'élargissement (¹) des raies d'absorption de $I_2$ en présence des gaz étrangers. L'adjonction d'un gaz étranger produit des chocs entre les molécules excitées de $I_2$ et les molécules du gaz ajouté. La vie moyenne des premières diminue et, suivant le processus indiqué plus haut, les raies s'élargissent.

OPTIQUE PHYSIQUE. — *Sur l'existence du dimère* $O^4$ *dans l'oxygène liquide.* Note de M. **Guillien**, présentée par M. A. Cotton.

Dans le spectre d'absorption de l'oxygène liquide se trouvent 16 bandes comprises entre 3600 et 11000 angströms; nous avons recherché si ces

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 38.

bandes étaient dues à l'absorption par l'oxygène $O^2$, par le dimère $O^4$ ou par d'autres molécules.

Pour cela nous avons employé la méthode suivante : à la température constante de $-195°,6$ les rayons lumineux traversent une masse constante $m_0$ d'oxygène liquide de volume initial $V_0$ que l'on dilue d'azote pour arriver au volume V. S'il n'y avait pas dissociation et si la loi de Beer s'appliquait, l'aspect des bandes d'absorption ne changerait pas par dilution de l'oxygène. Des expériences déjà anciennes (1) avaient montré (sans qu'on l'ait expliqué) qu'une épaisseur $5e$ d'air liquide absorbe moins qu'une épaisseur $e$ d'oxygène liquide. Nous avons, avec notre dispositif, photographié le spectre de 3600 à 11000 angströms.

Pour de grandes dilutions nous avons trouvé que l'absorption maxima des bandes comprises entre 6500 et 3600 Å diminue considérablement sans changement de largeur tandis que les bandes de longueur d'onde supérieure à 6500 Å deviennent notablement plus fines, l'absorption tendant vers une limite non nulle.

Nos mesures ont porté sur les bandes 7630 (Å), 5769, 5325 et 4773. Soit $m$ la masse d'oxygène pur qui produirait la même absorption que la masse $m_0$ de volume $V_0$ diluée au volume V; par étude des clichés au microphotomètre enregistreur et application des lois du noircissement photographique (2) nous avons mesuré $m/m_0$ pour diverses valeurs de $V/V_0$.

| $V/V_0$ | 1,79. | 2,6. | 3,04. | 3,43. | 4,8. | 5,5. | 8,35. | 9,8. | 11,2. | 11,5. | 15,8. | 17,7. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7630 : $100\,m/m_0$... | 94 | – | 83 | 72 | 75 | 72 | – | 75 | – | 74 | – | – |
| 5769 : » ... | – | – | 54 | – | – | – | – | – | 28 | – | 29 | 25 |
| 5325 : » ... | 76 | 71 | – | 68 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| 4773 : » ... | – | – | 55 | – | 50 | – | 33 | 30 | – | – | – | – |

Le tableau ci-dessus montre que l'absorption maxima varie de la même manière pour 5769, 5325, 4773 Å et d'une manière différente pour 7630 Å. La molécule absorbante n'est donc pas la même dans les deux cas. Les bandes de l'infrarouge et du rouge jusqu'à 6500 Å varient toutes de la même façon que la bande 7630, elles sont dues à la molécule d'oxygène $O^2$ comme 7630 Å qui correspond à la bande atmosphérique A résoluble en raies. Elles correspondent (3) au passage de l'état $^3\Sigma$ à l'état $^1\Sigma$ et à l'état $^1\Delta$.

(1) LIVEING et DEWAR, *Phil. Mag.*, 40, 1895, p. 268.
(2) FABRY et BUISSON, *Revue d'Optique*, 3, 1924, p. 1.
(3) GUILLIEN, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1223.

Les bandes du spectre visible et ultraviolet de 6500 à 3600 Å sont dues à la molécule $O^4$. On est conduit à l'admettre pour les raisons suivantes :

1° dans l'oxygène gazeux comprimé, Janssen [1] a observé les mêmes bandes et remarqué que leur intensité est proportionnelle au carré de la densité du gaz; or, la loi d'action de masse appliquée à l'équilibre $n.O^2 \rightleftharpoons 2.O^n$ exige $n = 4$ pour rendre compte de ce fait;

2° dans l'étude des mélanges d'oxygène et d'azote la loi d'action de masse ne peut représenter correctement nos résultats qu'avec $2.O^2 \rightleftharpoons O^4$;

3° le classement des bandes en systèmes montre que ces bandes ne sont pas en progression arithmétique avec les précédentes [2]. Le fait que les nombres d'ondes de la première bande des trois progressions arithmétiques de 6500 à 3600 Å ne sont pas 26194 $cm^{-1}$, 21027 $cm^{-1}$, 15860 $cm^{-1}$ (nombres prévus d'après les valeurs des entiers $m$ et $n$ et les nombres d'ondes des bandes 7930 $cm^{-1}$ et 13097 $cm^{-1}$, mais ont des valeurs légèrement différentes (26262, 20951, 15898 $cm^{-1}$), peut s'expliquer par la liaison de 2 molécules $O^2$.

Pour la molécule $O^2$, bien que la concentration augmente dans la dissociation, l'absorption diminue à cause de la variation du champ moléculaire qui rend en même temps les bandes plus fines. Pour la molécule $O^4$, les bandes gardent la même structure et en admettant que l'absorption soit proportionnelle à la concentration la loi d'action de masse permet de calculer le titre $\tau_0$ en $O^4$ pour l'oxygène liquide pur.

Nous avons trouvé $\tau_0 = 0,51$ valeur supérieure à 0,4 nombre donné par Lewis d'après la susceptibilité magnétique [3]. Voici les valeurs du titre $\tau$ en $O^4$ calculées par la loi d'action de masse pour $\tau_0 = 0,51$ comparées aux valeurs de la courbe expérimentale :

| $V/V_0$ | 1. | 2. | 4. | 6. | 8. | 10. | 12. | 14. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $100\tau$ mesuré | 51 | 39 | 28 | 21 | 17 | 15 | 13 | 13 |
| $100\tau$ calculé | 51 | 39 | 28 | 22 | 18 | 15 | 13 | 13 |

On voit donc que l'oxygène liquide est un mélange d'oxygène proprement dit $O^2$ en équilibre avec le dimère $O^4$ en proportions du même ordre, que les bandes rouges et infrarouges $^3\Sigma \rightarrow {}^1\Sigma\, {}^3\Sigma \rightarrow {}^1\Delta$ sont dues à $O^2$, que les bandes du visible et de l'ultraviolet $^3\Sigma \rightarrow 2^1.\Sigma$; $^3\Sigma \rightarrow {}^1\Delta + {}^1\Sigma$; $^3\Sigma \rightarrow 2.{}^1\Delta$ sont dues à $O^4$.

(1) *Comptes rendus*, **102**, 1886, p. 1352.

(2) Guillien, *loc. cit.*

(3) *Journal of Am. Chem. Soc.*, **46**, 1924, p. 2031.

PHOTOCHIMIE. — *Le mécanisme d'action de la lumière sur les photocellules électrolytiques au sélénium.* Note de MM. **René Audubert** et **Jean Roulleau**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait qu'une électrode de platine recouverte de sélénium photosensible plongée dans un électrolyte donne lieu, quand on l'éclaire, à un effet photovoltaïque.

L'un de nous (¹), après avoir montré que, dans presque tous les cas, la présence de l'eau était indispensable, a développé une théorie photoélectrochimique des effets Becquerel basée sur l'hypothèse de la photolyse de l'eau sous l'action du rayonnement. Cette théorie, vérifiée par l'expérience, conduit aux conclusions suivantes :

Les effets positifs (augmentation du potentiel de l'électrode éclairée), dus à une oxydation, sont d'autant plus élevés que le milieu est plus réducteur et d'autant plus petit que le milieu est plus oxydant.

Inversement, les effets négatifs correspondant à une réduction sont petits en milieu réducteur et élevés en milieu oxydant.

Nous avons cherché à voir si ces règles s'appliquaient aux électrodes Pt/Se afin de préciser si le mécanisme d'action de la lumière était photoélectrochimique ou électronique.

En premier lieu, si l'on mesure les effets présentés par le sélénium au contact de solutions organiques rendues conductrices par du KI (acétone, acétate de propyle, acétate d'isobutyle, acétate d'amyle, alcool méthylique, alcool éthylique, éther + CuI), on obtient des effets du même ordre de grandeur qu'en solution aqueuse; l'eau ne joue donc pas un rôle essentiel.

En outre, si l'on étudie l'influence de la nature chimique des électrolytes (iodure de potassium, hydrosulfite de sodium, formiate de sodium, perborate de sodium, persulfate de potassium, acide sulfurique), on vérifie que le photopotentiel du Se, qui est positif, est plus petit en milieu réducteur qu'en milieu oxydant, ce qui est le contraire des effets photoélectrochimiques; on est donc amené à penser que la lumière agit suivant un processus électronique, les électrons libérés par le rayonnement passant

---

(¹) R. Audubert, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 800 et 265; **193**, 1931, p. 15; **194**, 1932, p. 82; **196**, 1933, p. 475 et 1588. *Les phénomènes photoélectrochimiques* (Rapport du IIᵉ Congrès international de Chimie physique, Paris, 1933).

de l'électrode dans le liquide dont ils neutralisent les cations. S'il en est ainsi, l'influence de la nature chimique des électrolytes s'explique aisément; en effet, la probabilité d'émission photoélectronique est d'autant plus grande que la pression d'électrons du milieu est plus faible, c'est-à-dire que la solution est plus oxydante.

On trouve une autre preuve du comportement particulier des électrodes de sélénium en étudiant l'influence de l'intensité de la lumière. D'après la théorie photoélectrochimique, le photopotentiel $\mathcal{E}$ varie avec l'intensité conformément à la relation

$$\mathcal{E} = \frac{RT}{F} \operatorname{Log}(1 + B\mathcal{J}),$$

où R représente la constante des gaz, T la température absolue, F le Faraday et B une constante qui varie avec la nature de la lame et celle du liquide.

Cette relation a été vérifiée [1] pour de nombreuses électrodes photosensibles : Cu/CuO, $Cu/Cu^2O$, Cu/CuI, $Ag/Ag^2S$, Cd/CdS et des lames métalliques recouvertes d'un film de matière colorante.

Avec les électrodes de sélénium, on vérifie bien que le photopotentiel varie, dans certaines limites, avec l'intensité de la lumière suivant une formule logarithmique avec $\mathcal{J}$; mais le coefficient de proportionnalité n'est plus égal à RT/F comme l'exige la théorie mais varie beaucoup d'une électrode à l'autre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de l'hydratation globale des ions du chlorure de lithium.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons déterminé le degré d'hydratation globale des ions du chlorure de lithium, en étudiant par voie cryoscopique les équilibres moléculaires de la résorcine dans les solutions de ce sel, et choisissant la constante cryoscopique $k'$ de manière que la constante d'équilibre

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C^2(330\Delta - ak')^3}{4a^2k'^2(3ak' - 330\Delta)}$$

ait la même valeur 3,500 que dans l'eau [2], travail faisant suite à des

---

(1) R. Audubert et G. Lebrun, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 729.

(2) F. Bourion, E. Rouyer et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1015.

recherches analogues relatives aux chlorures de potassium, sodium, ammonium, calcium, baryum, strontium et de nickel (¹). Dans l'expression précédente, $c$, $c'$ et $C'$ sont respectivement les concentrations des molécules simple, triple et totale de la résorcine, cette dernière exprimée en molécules simples, Δ l'abaissement cryoscopique de la résorcine, et $a$ la masse de résorcine par 100g d'eau.

Nous avons étudié successivement les solutions de ClLi 1,00 et 0,5 M. Les concentrations sont estimées à 15° C. Nous avons observé :

| | ClLi 1,00 M. $k'=25,39$. | | ClLi 0,5 M. $k'=21,95$. | |
|---|---|---|---|---|
| Concentration. | Δ. | $K_3$. | Δ. | $K_3$. |
| 0,250 | 0°,618 | 1,383 | 0°,542 | 2,408 |
| 0,375 | 0,921 | 1,320 | 0,791 | 2,429 |
| 0,500 | 1,215 | 2,559 | 1,024 | 2,419 |
| 0,625 | 1,468 | 2,684 | 1,259 | 2,724 |
| 0,750 | 1,747 | 3,119 | 1,496 | 3,115 |
| 0,875 | 2,011 | 3,306 | 1,721 | 3,308 |
| 1,000 | 2,277 | 3,532 | 1,942 | 3,403 |
| 1,125 | 2,527 | 3,543 | 2,1565 | 3,428 |
| 1,250 | 2,774 | 3,535 | 2,371 | 3,472 |
| 1,375 | 3,016 | 3,488 | 2,588 | 3,540 |
| 1,500 | 3,266 | 3,514 | 2,801 | 3,549 |
| 1,625 | 3,518 | 3,543 | 3,014 | 3,550 |
| 1,750 | 3,767 | 3,530 | 3,228 | 3,541 |
| 1,875 | 4,024 | 3,545 | 3,446 | 3,546 |
| 2,000 | 4,268 | 3,427 | 3,657 | 3,481 |

On voit que, pour $k'=25,39$, $K_3$ moyen est 3,496 pour les solutions de ClLi 1,00 M lorsque la concentration en résorcine varie de 0,875 à 2,000 et que, avec $k'=21,95$, $K_3$ moyen est 3,501 pour les solutions de ClLi 0,5 M lorsque la concentration en résorcine varie de 1,000 à 2,000.

Ainsi $K_3=3,500$ pour $k'=25,39$ dans le cas des solutions ClLi 1,00 M et l'on calcule aisément par extrapolation, en utilisant les valeurs de $K_3$ correspondant à $k'=21,97$, que $K_3=3,500$ pour $k'=21,9513$.

*Calcul de l'hydratation des ions.* — 1° ClLi 1,00 M. Le pour cent $x$ de l'eau présente dans la solution fixée sur le sel est :

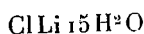
$$x=\frac{100(25,39-18,4)}{25,39}=27,53.$$

(¹) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1111; **197**, 1933, p. 52, et **198**, 1934, p. 175; Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 740; E. Rouyer, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 742 et 1156.

D'autre part, la considération de la densité de la solution de ClLi 1,00M montre que la masse de chlorure de lithium par 100g d'eau est 4g,3284, d'où l'on déduit le nombre de molécules d'eau fixé sur 1mol de ClLi :

$$\frac{27,53 \times 42,5}{4,3284 \times 18} = 15,02.$$

L'hydrate correspondant aux solutions de ClLi 1,00M est donc

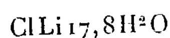


$ClLi\,15H^2O$

plus élevé que les hydrates de chlorures d'ammonium, de potassium et même de sodium à la même concentration.

L'étude des nombres de transport (¹) des ions des solutions ClLi 1,00M a conduit à l'hydrate ClLi 17 à 18H²O et une méthode analogue (²) a fourni l'hydrate ClLi 18H²O, un peu plus riche que celui que nous avons obtenu, alors que Schreiner (³) a déduit des mesures de l'activité des ions l'hydrate sensiblement moins élevé ClLi 9 à 10H²O.

2° ClLi 0,5M. Par un calcul analogue, on trouve pour les solutions ClLi 0,5M, en prenant $k' = 21,9513$ indiqué précédemment, que l'hydrate correspondant est



$ClLi\,17,8H^2O$

de degré un peu plus élevé que celui des solutions de ClLi 1,00M.

PHYSICOCHIMIE. — *Recherches complémentaires sur les spectres d'absorption du chlorure de sodium dans l'ultraviolet.* Note de M. R. Trehin, présentée par M. Ch. Fabry.

Les mesures qui font l'objet de cette Communication ont été effectuées par les procédés de photométrie photographique décrits d'autre part (⁴).

1. *Spectre d'absorption du sel gemme.* — J'ai utilisé la méthode différentielle : dans un bloc de sel gemme spécialement choisi, on a taillé deux lames à faces parallèles de 2 et 4cm d'épaisseur. Afin d'éviter l'altération de

---

(¹) Baborovsky, Velisek et Wagner, *Journ. de Chimie physique*, 25, 1928, p. 452-481.

(²) Kraus, *The Properties of Electrically conducting systems*, New-York, p. 201.

(³) *Z. anorg. Chem.*, 121, 1922, p. 321, et 135, 1924, p. 333; Djerram, *Ibid.*, 109, 1920, p. 275.

(⁴) *J. de Physique*, 7e série, 4, viii, 1933, p. 440-456.

leurs surfaces, elles ont été maintenues serrées entre deux plaques de quartz. Le rapport des intensités d'une même radiation après son passage à travers l'une ou l'autre de ces lames ne dépend que de la différence de leurs épaisseurs. On en déduit facilement la densité optique $\Delta$ du sel gemme sous une épaisseur de $1^{cm}$.

Cette densité a été comparée pour diverses longueurs d'onde, et dans les mêmes conditions d'épaisseur et de température, avec celle d'une solution aqueuse saturée de fragments du même cristal et avec celle d'une solution aqueuse de ClNa pur préparé comme il a été indiqué antérieurement [1].

*Résultats.* — Les trois spectres sont continus, mais la loi $\Delta = f(\lambda)$ est très différente pour le sel gemme et sa solution aqueuse. En particulier, le cristal est beaucoup plus transparent que la solution [2]; il ne présente pas comme celle-ci l'effet de température [3]. Le tableau suivant donne quelques précisions numériques :

*Densité optique pour $1^{cm}$ d'épaisseur. Température : 20°.*

| Longueurs d'onde..... | 2300. | 2200. | 2140. | 2080. | 2030. | 1990. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sel gemme.................... | 0,045 | 0,065 | 0,090 | 0,120 | 0,145 | 0,165 |
| Solution aqueuse de sel gemme ($5^m$,5 par lit.)............... | 0,058 | 0,090 | 0,230 | – | – | – |
| Solution aqueuse de ClNa pur ($5^m$,5 par lit.)............... | 0,048 | 0,072 | 0,099 | – | – | – |

Il est visible qu'il existe une différence essentielle entre la nature des particules absorbantes dans ClNa cristallisé et dans sa solution aqueuse. La solution de sel gemme se montre plus absorbante que celle de ClNa pur dans l'ultraviolet lointain : cet écart est dû à des traces d'impuretés.

2. *Spectres d'absorption des solutions de chlorure de sodium dans la glycérine.* — Ces travaux ont été entrepris afin de montrer le rôle du solvant dans l'absorption des radiations ultraviolettes. La glycérine a l'avantage d'être transparente jusqu'à 2200 Å sous $2^{cm}$ d'épaisseur; et le chlorure de sodium s'y dissout en quantité appréciable sans former de combinaisons avec elle.

---

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1089.

(2) Ce fait a d'ailleurs été signalé par divers auteurs : LYMAN, *The Spectroscopy of the extreme ultraviolet*, 1914, p. 57; R. QUINT, *Diplôme d'E. S., de Physique*, Paris, 1924, n° **253**; K. TSUKAMOTO, *Thèse*, Paris, 1927, p. 42-43; cependant, aucune étude quantitative systématique ne semblait avoir été entreprise.

(3) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1269.

La glycérine est d'abord agitée pendant plusieurs heures avec du chlore purifié par liquéfaction. Les liaisons éthyléniques des impuretés sont détruites. On distille ensuite dans le vide en prenant soin d'éliminer les têtes et les queues. Les résultats sont constants et reproductibles.

*Résultats.* — La glycérine ne présente pas d'effet de température sensible sous $2^{cm}$ d'épaisseur jusqu'à 150°. Au-dessus, l'absorption croît très vite et subsiste après refroidissement. Ce phénomène doit être attribué à un commencement de décomposition. L'absorption des solutions de ClNa dans la glycérine croît avec la température. Leur densité optique pour une longueur d'onde déterminée et dans les mêmes conditions d'épaisseur, de température et de concentration est très supérieure à celle des solutions aqueuses, ainsi que le montre le tableau suivant :

*Densité optique pour $1^{cm}$ d'épaisseur*
(Température 20°, concentration $1^{m},2$ par litre).

| Longueurs d'onde | 2455. | 2370. | 2300. | 2230. | 2200. | 2170. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Solution de ClNa dans la glycérine | 0,110 | 0,158 | 0,205 | 0,260 | 0,290 | – |
| Solution aqueuse de ClNa pur | 0,016 | 0,018 | 0,023 | 0,028 | 0,032 | 0,038 |

Ces résultats mettent bien en évidence le rôle du solvant dans les phénomènes d'absorption.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le dépôt électrolytique du nickel en milieux de* pH *supérieur à* 7,0. Note de M. **Marcel Ballay**, présentée par M. Léon Guillet.

Les dépôts électrolytiques industriels de nickel sont effectués en solutions neutres ou peu acides de sels de nickel, de sulfate en général, alors que le dosage électrolytique du nickel se fait en solutions fortement ammoniacales, de pH voisin de 9 ou même supérieur, dans lesquelles le métal est engagé dans un complexe : l'électrolyte est alors de couleur bleu foncé.

Pour des pH compris approximativement dans la région 7,0-9,0, l'obtention de bons dépôts de nickel métallique est rendue impossible, avec la plupart des électrolytes habituels, par la formation d'hydroxyde ou de sels basiques. Le pH correspondant au début de précipitation dépend de la composition de la solution; la présence d'acide borique, par exemple, amène une précipitation prématurée tandis que les sels ammoniacaux,

l'acétate et le sulfate de sodium dans certaines conditions, retardent l'apparition de précipité.

Le dépôt de nickel se fait dans de bonnes conditions, tant qu'il n'y a pas de précipitation dans la gaine cathodique et sous réserve d'un rendement cathodique suffisant. En opérant sur des électrolytes étudiés pour ne pas donner de précipités nous avons pu obtenir de bons dépôts de nickel quel que soit le pH, entre 3,5 et 10, avec des densités de courant atteignant 10 amp/dm$^2$.

Les solutions de sulfate de nickel additionnées de grandes quantités de sulfate d'ammoniaque peuvent être alcalinisées sans précipiter, mais la concentration en nickel est limitée par la faible solubilité du sulfate double de nickel et d'ammonium.

Les sels de certains acides organiques empêchent la précipitation d'hydroxydes ou de sels basiques des métaux du groupe du fer; l'action des acides tartrique et citrique sur les solutions de sels ferriques est souvent utilisée en analyse. Nous avons étudié comment se comportaient les solutions de nickel dans des conditions analogues. Certains acides-alcools empêchent la précipitation, même dans des solutions riches en nickel, surtout en présence de petites quantités de sels ammoniacaux.

L'acide citrique et ses sels alcalins sont pratiquement les plus intéressants. Les solutions de sulfate de nickel additionnées de quantités suffisantes de citrate de sodium tribasique ne précipitent plus par l'ammoniaque. Pour des concentrations en nickel de 20,8 et 45 g/l les quantités minima de citrate nécessaires pour éviter la précipitation sont telles que le rapport de la concentration atomique en nickel à la concentration moléculaire en citrate soit voisin de 2. Ce rapport diminue pour des concentrations plus faibles en nickel.

L'acide glycolique et l'acide lactique agissent de la même manière. Une solution de sulfate de nickel contenant 20,8 g/l de métal et 150 g/l d'acide glycolique ne précipite pas par l'ammoniaque. De même, il ne se forme pas de précipité d'hydroxyde en présence de lactate d'ammonium mais il se produit très lentement un précipité cristallin, soluble dans l'eau bouillante, qui peut être un lactate de nickel. Le lactate de sodium se comporte de même en présence de petites quantités de sels ammoniacaux.

Par contre les acides malique et tartrique, le glucose, le maltose, la glycérine, n'empêchent pas la précipitation dans les solutions que nous avons étudiées, contenant plus de 20$^g$ de nickel par litre. Lorsqu'on alcalinise par l'amoniaque une solution de $SO^4Ni$ contenant du tartrate neutre

de sodium ou du sel de Seignette, la solution se prend en une gelée qui ne se redissout pas dans l'ammoniaque concentrée. Cette gelée paraît être constituée d'un composé de l'acide tartrique et du nickel, peu soluble en milieu neutre ou alcalin.

Nous avons particulièrement étudié l'électrolyse d'une solution contenant par litre : $Ni = 20^g,8$, $NH^4 = 6^g,3$, $Cl = 6^g,0$, citrate de Na neutre cristallisé $= 150^g$. A la température de 40° des dépôts ont été effectués avec des densités de courant cathodiques de 2 à 10 amp/dm², à des pH variant de 3,6 à 9,8. Dans la zone alcaline, les dépôts sont peu fragiles mais se fissurent cependant lorsqu'on leur fait subir de fortes déformations permanentes. Nous avons obtenu au pH 9,5 des dépôts de plus de $0^{mm},5$ d'épaisseur sur cathode de laiton (densité de courant : 10 amp/dm²; température : 40°). Le tableau ci-dessous donne les rendements cathodiques obtenus avec le même électrolyte, la quantité de courant étant mesurée dans un voltamètre à sulfate de cuivre et le nickel étant supposé bivalent dans l'électrolyte.

| Température. | Densité de courant amp/dm². | pH. | Rendement cathodique pour 100. |
|---|---|---|---|
| 41° | 2,2 | 5,0 | 59,2 |
| 41 | 2,1 | 7,0 | 90,0 |
| 40 | 2,1 | 9,6 | 94,2 |

Pour les mêmes densités de courant à l'anode, le rendement anodique est voisin de 100 aux pH 5,0 et 7,0 mais tombe à 88 pour 100 au pH 9,6.

Signalons enfin qu'en l'absence de citrate, dans un électrolyte fortement ammoniacal, analogue à ceux utilisés pour le dosage électrolytique du nickel mais contenant 20,8 g/l de nickel nous avons constaté un rendement cathodique d'environ 82 pour 100 à 50° avec une densité de courant cathodique de 1,1 amp/dm². Il ne semble pas que le nickel soit à l'état monovalent dans ce type d'électrolyte comme on l'a cru quelquefois.

EFFET RAMAN ET CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectres Raman du cyclopentanol, de quelques alcools dérivés du cyclopentène, et du cyano-1 cyclopentène-1*. Note de M. **Léon Piaux**, présentée par M. Delépine.

MM. Godchot, Canals et M[lle] Cauquil (¹) ont publié un des spectres Raman de carbures cyclaniques ou cycléniques comprenant notamment

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1574; **196**, 1933, p. 780; **197**, 1933, p. 1407.

ceux du cyclopentane et du cyclopentène, des méthyl-1 et éthyl-1-cyclopentanes et Δ-1 cyclopentènes. J'ai publié, de mon côté, les spectres de la cyclopentanone et de quelques autres cyclanones ([1]).

Disposant, grâce aux travaux de M. Urion (voir la Note ci-après, p. 1518), de trois alcools dérivés du cyclopentène, les Δ-1-cyclopentényl méthanol, éthanol-1' et propanol-1', j'en ai fait les spectres, pour les comparer à celui du cyclopentène; ayant trouvé pour ce dernier corps des résultats légèrement différents de ceux qu'avaient indiqués les auteurs précédents, je les rapporte également ci-dessus. D'autre part, désireux d'étudier l'influence réciproque des liaisons C = O et C ≡ N conjuguées, j'ai préparé le cyano-1 cyclopentène-1 encore inconnu et j'en ai étudié le spectre Raman. J'ai été amené, enfin, pour compléter ce travail, à étudier l'effet Raman du cyclopentanol, non encore examiné à ce point de vue, à ce que je crois.

Voici les spectres obtenus, les fréquences en chiffres gras sont celles qui paraissent se conserver dans la plupart des corps de la série (tf, très faible; f, faible; af, assez faible; m, moyenne; aF, assez forte; F, forte; TF, très forte; b, bande; l, large).

*Cyclopentène*. — 388 (m), **899** (F), 935 (f), 964 (F), **1025** (bm), 1108 (F), **1207** (bm), **1296** (m), **1441** (F), **1467** (aF), 1586 (tf), 1615 (F), 2857 (F), 2878 (m), 2913 (F, bl), 2953 (F), 3060 (F).

*Cyclopentène* (nombres obtenus par MM. Godchot, Canals et M^lle Cauquil). — 380, 901, 964, 1031, 1205,4, 1445, 1622, 2836, 2884, 2913, 2952.

*Cyclopenténylméthanol*. — 366 (af), 420 (m), 482 (af), 792 (tf), 826 (tf), 870 (m), **888** (aF), 933 (af), 949 (af), 983 (m), **1022** (m), 1080 (tf), 1133 (f, bl), **1202** (aF), **1296** (m), 1385 (f), **1443** (TF), **1466** (m), 1656 (F), 2848 (TF), 2902 (TF, l), 2952 (TF, l), 3048 (m, bl).

*Cyclopenténylèthanol-1'*. — 221 (f), 329 (m), 385 (af, b), 470 (b, f), 506 (m), 853 (F), **893** (F), 948 (aF), 985 (af), 1006 (m), **1026** (m), 1039 (af), 1079 (m, bl), 1160 (bm), **1207** (aF), 1231 (af), 1250 (af), **1294** (m), 1318 (af), 1343 (tf), 1385 (f), **1444** (TF), **1468** (aF), 1616 (tf), 1651 (TF), 2848 (TF), 2901 (TF, l), 2932 (TF), 2956 (aF), 2978 (TF), 3051 (b, aF).

*Cyclopenténylpropanol-1'*. — 365 (af), 854 (m), **895** (aF), 950 (aF), **1029** (m, bl), 1159 (af), **1206** (m), 1226 (f), **1294** (m), 1343 (f), 1383 (bf), **1441** (F), **1464** (aF), 1616 (tf), 1650 (F), 2848 (F), 2876 (m), 2908 (F), 2937 (F), 2965 (aF, bl), 3052 (m, bl).

*Cyano-1 cyclopentène-1*. — 175 (F), 370 (f), 450 (f), 505 (m), 534 (f), 803 (tf), 833 (tf), 866 (aF), **896** (aF), 953 (F), **1020** (m), 1139 (m, bl), **1210** (m), 1257 (m),

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1647.

1299 (m), 1325 (m), 1437 (F), 1468 (m), 1588 (tf), 1615 (TF), 2218 (TF), 2848 (m), 2868 (m), 2950 (F, btl), 3076 (aF, l).

*Cyclopentanol.* — 841 (bm), 892 (F), 966 (tf), 997 (bm), 1032 (aF), 1066 (f), 1177 (f, bl), 1200 (tf, bl), 1447 (F, bl), 2857 (m), 2875 (F), 2922 (F), 2953 (TF, bl).

*Conclusions.* — 1° J'ai retrouvé pour le cyclopentène des nombres très voisins de ceux qui avaient été indiqués par MM. Godchot, Canals et Mlle Cauquil (1); cependant j'ai trouvé quelques raies nouvelles, dont une forte à 1108 $cm^{-1}$; pour la raie éthylénique, j'ai trouvé une fréquence un peu plus faible que celle que donnent ces auteurs, ce qui rend encore plus frappante la différence considérable entre le cyclopentène (1615 $cm^{-1}$) et le cyclohexène (1655 $cm^{-1}$).

2° Les raies 889, 1032, 1205, 1290 du cyclopentane (1) se retrouvent dans la plupart des composés étudiés, saturés ou non, avec de très faibles variations de fréquences et d'aspect; la raie 889 a été retrouvée d'autre part dans le méthylcyclopentane, à 890 (1), dans la cyclopentanone, à 893 (2), et à 888 dans la méthyl-1 cyclopentanone-2 (2); les raies de la région 1445 et du groupe 2850-2950 se retrouvent bien entendu dans tous les corps décrits, ce sont les raies des $CH^2$.

3° Le cyclopentène donne une raie très faible à 1586; j'ai trouvé des raies analogues, à 1616 dans deux des alcools, à 1588 dans le dérivé cyané; ces raies restent inexpliquées pour le moment.

4° On constate un accroissement très important de la fréquence éthylénique par substitution du reste CHOH-R à un hydrogène; il en est de même par substitution d'un reste alcoyle (1).

5° La conjugaison des liaisons C = C et C ≡ N produit un abaissement considérable de chacune d'elles : 1615 (au lieu de 1650 pour l'alcool qui donne le chiffre le plus faible) et 2218 (au lieu de 2245 pour les nitriles de la série grasse).

On retrouve ici le phénomène signalé par Bourguel (3) dans le cas des conjugaisons de la liaison C = C avec elle-même et avec la liaison C = O.

6° Le spectre des composés cyclopenténiques étudiés présente une bande assez forte dans la région 3050-3100 $cm^{-1}$; Bourguel (4) avait trouvé un résultat analogue sur les composés éthyléniques de formule générale $CH^2$ = CH.R.

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*, p. 1647.
(3) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 311.
(4) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1736.

*Note sur le cyano-1 cyclopentène.* — Ce composé a été obtenu en appliquant à la cyanhydrine de la cyclopentanone la méthode de déshydratation appliquée à quelques autres exemples par D. et P. Gauthier (¹) : action de $SOCl^2$ et de la pyridine; on obtient ainsi un liquide à forte odeur de noyau; ses constantes sont :

$$\text{Éb}_{15} = 58\text{-}60^\circ;\quad D_4^{23} = 0,9226;\quad n_D^{23} = 1,4710;$$
$$R_m \text{ calc.} = 28,12;\quad R_m \text{ théorique} = 26,96 \text{ (nombres d'Eisenlohr).}$$

Le produit a été identifié par saponification avec un acide déjà connu.

EXPLOSIFS. — *Expériences de micropyrotechnie. Les phénomènes lumineux produits par la détonation d'un explosif d'amorçage (azoture de plomb) sont dus à l'onde de choc et non à l'expansion des gaz qui lui succède.* Note de MM. A. **Michel-Lévy** et H. **Muraour**, présentée par M. G. Urbain.

Si l'on en excepte les études d'interférences exécutées par Mach en faisant détoner de petites quantités d'explosifs sur des plaques enduites de noir de fumée et les très belles cinématographies d'ondes de choc obtenues par Cranz, l'étude des phénomènes qui accompagnent la détonation n'a, jusqu'ici, été exécutée que sur des quantités relativement grandes d'explosifs.

Dans une précédente Note (²) nous avons montré la possibilité d'étudier certains de ces phénomènes en faisant détoner, sur une plaque de verre, des quantités très faibles, de l'ordre de quelques milligrammes, de certains explosifs d'amorçage et en examinant ensuite au microscope la structure des dépôts formés.

Dans une nouvelle série d'expériences, nous avons cherché à fixer sur la plaque photographique les phénomènes lumineux qui accompagnent la détonation des explosifs d'amorçage.

Nous avons disposé sur une plaque de verre épaisse une série de granules d'azoture de plomb à égale distance les uns des autres et suivant les côtés d'un triangle isoscèle à angles arrondis.

En faisant détoner par un fil de platine rougi électriquement le granule situé au sommet du triangle isoscèle, nous avons provoqué le départ de deux

(¹) *Bull. Soc. chim.*, **49**, 1931, p. 667.
(²) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 825.

ondes de choc qui se sont propagées en même temps suivant les deux côtés égaux de ce triangle, pour venir s'affronter l'une contre l'autre au milieu de la base opposée; il en est résulté *une interférence lumineuse unique* entre les deux granules du centre de cette base, qui a été enregistrée photographiquement à un grossissement de quatre fois (*fig.* 1).

Or la figure, laissée sur la plaque de verre par le plomb déposé et trans-

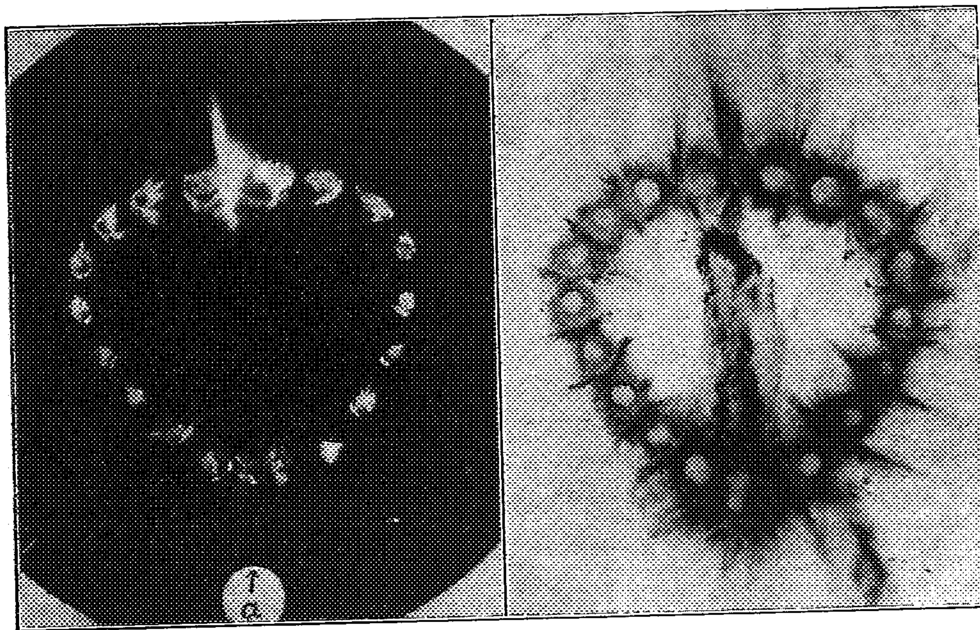


Fig. 1 Gross. × 4. Fig. 2.

Fig. 1. — Phénomènes lumineux de la détonation. Chaîne de granules d'azoture de plomb amorcée en *a* par fil rougi. Interférence unique au milieu de la base. Remarquer à chaque granule le point d'impact de l'onde venue du granule précédent.

Fig. 2. — Dépôts de plomb laissés par les gaz après la détonation enregistrée sur la figure 1. Remarquer les interférences de plomb dans chaque espace intergranulaire.

porté par les gaz après la détonation, montre *autant d'interférences qu'il y a d'intervalles intergranulaires* et, en outre, une importante interférence suivant la bissectrice de l'angle au sommet (*fig.* 2).

La comparaison de ces deux figures, si différentes, montre que les phénomènes lumineux ne résultent pas des déplacements de gaz et de particules de plomb mais uniquement de l'onde de choc qui les précède et se propage à une vitesse bien supérieure.

Cette constatation s'accorde avec le fait que la forme exacte de chaque granule d'explosif est reproduite par une figure lumineuse qui est due à la

rencontre de l'onde de choc sur la surface air-explosif; et aussi avec celui que les raies lumineuses partant de cette figure dans l'air sont dirigées à l'opposé du point de départ de la détonation, alors que les projections de plomb par les gaz ont lieu avec la même intensité dans toutes les directions autour de chaque granule d'azoture de plomb.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la combinaison des métalloïdes et des oxydes basiques*. Note (¹) de M. **M. Lemarchands** et Mlle **D. Saunier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Si l'on met en présence un métalloïde et un oxyde basique, on doit constituer un système chimique actif capable d'évoluer avec production de chaleur ou de travail et formation d'un sel (²). Nous sommes arrivés à préparer $Ag^2OI^2$, par l'action directe de l'iode dissous dans le tétrachlorure de carbone sur l'oxyde d'argent anhydre.

Agitée à la température ordinaire, la solution se décolore progressivement, en même temps que le solide devient vert clair.

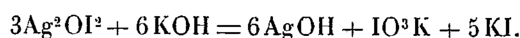
*Propriétés physiques :* pas de cristallisation apparente au microscope; densité 5,528.

Pratiquement insoluble dans l'eau, qui ne le décompose pas à froid, $Ag^2OI^2$ est très peu soluble dans le tétrachlorure de carbone au sein duquel il a été préparé.

*Propriétés chimiques :*

1. *Action de la chaleur.* — Sa décomposition commence à 148° et est complète à 170°; il perd de l'oxygène et laisse un résidu d'iodure d'argent.

2. *Action de la potasse.* — Dans une solution de potasse maintenue à l'ébullition pendant 30 minutes, il se forme un dépôt floconneux brun d'oxyde d'argent; tandis que de l'iodure et de l'iodate de potassium passent dans la liqueur :



$$3Ag^2OI^2 + 6KOH = 6AgOH + IO^3K + 5KI.$$

La présence d'iodate dans cette liqueur est démontrée par la libération d'iode que l'on observe en acidulant par HCl.

(¹) Séance du 26 mars 1934.

(²) M. Lemarchands, *La Chimie raisonnée*, Paris, 1914, p. 30.

3. *Pouvoir oxydant.* — $Ag^2IO^2$ cède son oxygène à $As^2O^3$ en solution acide, avec formation d'un résidu insoluble de AgI.

4. *Action des acides.* — Dans l'acide nitrique étendu il se forme un mélange jaune d'iodure et d'iodate d'argent :



$$3Ag^2OI^2 \rightarrow AgO^3I + 5AgI.$$

Dans l'ammoniaque concentrée, l'iodure d'argent blanchit et l'iodate se dissout; par évaporation on sépare des cristaux incolores d'iodate d'argent, de densité 5,417 [Clarke (1) donne 5,402].

Il s'agit bien d'iodate et non d'un periodate d'argent, qui serait fortement coloré. D'ailleurs la perte de poids sous l'action de la chaleur correspond bien à la composition $AgO^3I + 5AgI$.

L'acide sulfurique étendu et l'acide acétique réagissent de même.

5. *Action du brome.* — Le brome en solution dans le tétrachlorure de carbone déplace partiellement l'iode du composé $Ag^2OI^2$.

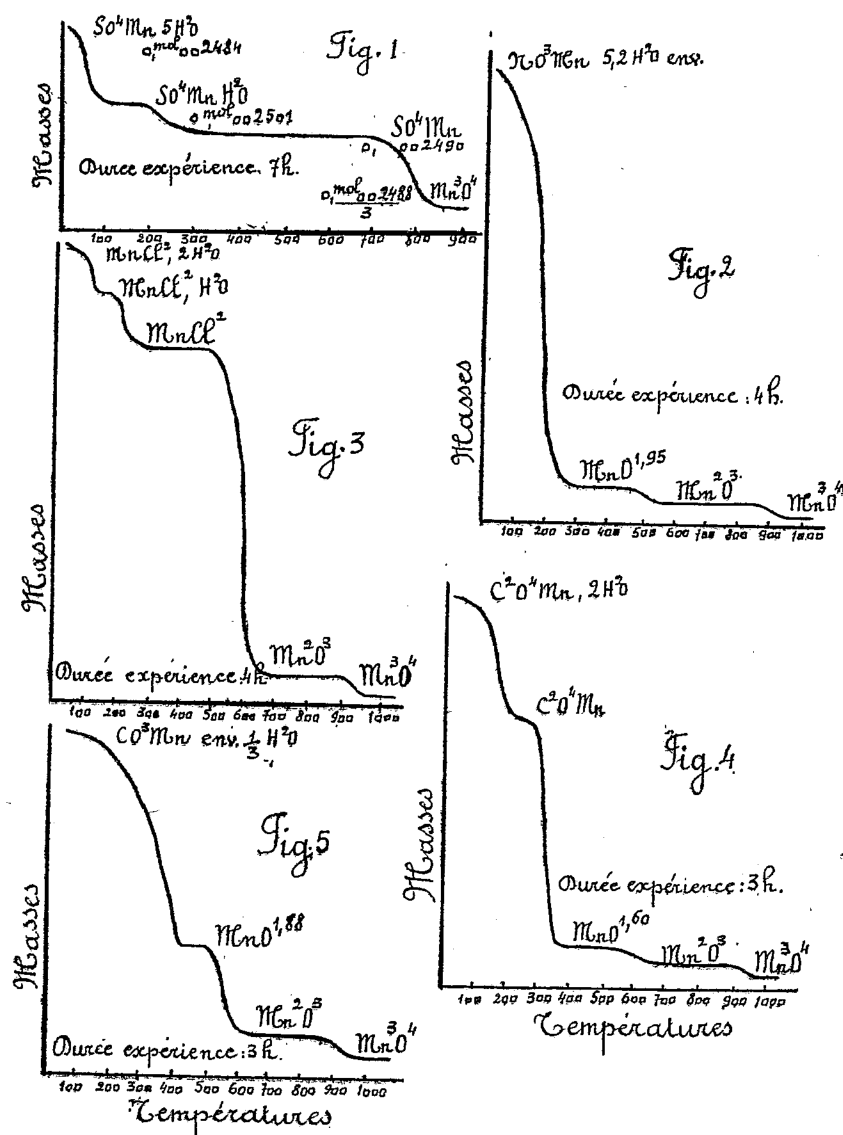
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition thermique des sels manganeux dans un courant d'air.* Note de M. **Pierre Dubois**, présentée par M. G. Urbain.

Les résultats obtenus par divers auteurs dans la décomposition thermique des sels manganeux sont assez divergents. Le grillage du chlorure sec donne, d'après Gorgeu (2), un sel de formule approximative : $2Mn^2O^3, MnCl^2$; le carbonate et l'oxalate fournissent des oxydes intermédiaires entre $MnO^2$ et $Mn^2O^3$.

J'ai repris ces études à l'aide d'un dispositif inspiré des travaux de M. Guichard (3). Le produit à décomposer est soumis, dans un four électrique, à une élévation de température à peu près proportionnelle au temps. Ce résultat s'obtient en plaçant dans le circuit de chauffage une résistance qu'on supprime progressivement. Pour cela, du mercure s'écoule lentement dans un tube en pyrex contenant cette résistance enroulée en hélice. On crée, à l'aide d'une trompe, un léger courant d'air ascendant dans le four placé verticalement, l'ouverture dirigée vers le bas. Le creuset,

(1) *Am. J. Sc.*, 14, 1877, p. 2816.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 2e série, 49, 1888, p. 668.
(3) *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 62.

renfermant la substance, est supporté par le fléau d'une balance spéciale [1] adaptée au tracé de la courbe ; variation de poids en fonction de




la température repérée par un couple placé dans le four. Dans une série d'expériences, sur un même sel, on obtient, en modifiant légèrement les

---

([1]) PIERRE DUBOIS, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1162.

conditions opératoires (vitesse de chauffe, masse du sel), des températures de décomposition commençante assez différentes.

*Étude du sulfate* (*fig.* 1). — Si l'on ajoute de l'alcool à 95° à une solution saturée à 20° en sulfate, il se forme deux phases liquides. Par décantation de la phase alcool + eau qui surnage et additions répétées d'alcool, on obtient des cristaux de $SO^4Mn.5H^2O$. La décomposition thermique de cet hydrate donne $SO^4Mn.H^2O$. Ce sont les seuls dont l'existence est certaine, au-dessus de 20°, d'après le diagramme résumant les études faites par voie humide ([1]).

*Étude du nitrate* (*fig.* 2). — Le sel déliquescent fond, vers 30°, dans son eau d'hydratation. La décomposition ne montre ici l'existence d'aucun hydrate. Elle laisse, vers 280°, un bioxyde impur [$MnO^{1,95}$] qui par lavages répétés à l'acide azotique, puis à l'eau donne du bioxyde pur. Ce produit, comme le bioxyde impur, se décompose ensuite en $Mn^2O^3$ puis $Mn^3O^4$ [lire, *fig.* 2, $(NO^3)^2Mn$].

*Étude du chlorure dihydraté* (*fig.* 3). — D'après divers auteurs l'existence du chlorure à $1H^2O$ semble incertaine. La méthode ici employée donne cet hydrate. On obtient aussi, facilement, le chlorure anhydre sans employer, comme on le fait habituellement, un courant d'acide chlorhydrique gazeux. L'analyse des produits obtenus, avant décomposition totale du chlorure, montre qu'il se forme des oxydes intermédiaires entre $MnO^2$ et $Mn^2O^3$. Le chlorure, fondu vers 650°, est retenu énergiquement, après lavage, par ces oxydes dont la composition est trop variable pour qu'on puisse envisager l'existence d'oxychlorures définis.

*Étude de l'oxalate dihydraté* (*fig.* 4). — Il donne l'oxalate anhydre puis un produit d'oxydation de composition assez voisine de $MnO^{1,60}$ contenant souvent du carbonate.

*Étude du carbonate* (*fig.* 5). — On obtient aussi dans un certain intervalle de température un produit de composition fixe mais peu reproductible d'une expérience à l'autre. Il contient du carbonate et dans le cas de la figure 5 l'analyse donnait pour l'oxyde $MnO^{1,88}$.

*Conclusions*. — La méthode employée semble commode pour préciser les conditions de l'analyse gravimétrique. Elle fournit un dosage facile et précis (consulter les nombres, cités en exemple, *fig.* 1) des sels manganeux. Enfin elle donne, pour le chlorure, l'oxalate et le carbonate des produits d'oxydation intermédiaires entre $Mn^2O^3$ et $Mn^3O^4$. Une étude aux rayons X, déjà commencée, montrera peut-être quelle est la nature de ces oxydes.

---

([1]) P. Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 9, p. 507.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'azotate neutre de zirconium.*
Note (¹) de M. **H. Pied** et Mlle **M. Falinski**, présentée par M. G. Urbain.

L'existence de l'azotate neutre de zirconium, $(NO^3)^4Zr, 5H^2O$, signalée par Paykull (²), puis par Rosenheim et Frank (³), a été contestée par Chauvenet et Nicolle (⁴).

Nous avons évaporé dans le vide en présence d'anhydride phosphorique et de soude caustique des solutions de zircone dans un grand excès d'acide azotique. Que l'on parte de zircone hydratée fraîchement précipitée et d'acide azotique à 52 pour 100 environ comme le faisaient Rosenheim et Frank, ou de zircone plus ou moins déshydratée et d'acide azotique fumant (⁵), on obtient les mêmes cristaux transparents contenant environ un atome de zirconium pour quatre radicaux nitriques. Mais il est impossible de séparer complètement ce sel de ses eaux mères, et l'on peut craindre que les résultats analytiques ne correspondent à un mélange d'azotate de zirconyle et de solution saturée fortement nitrique. La méthode des restes de Schreinemakers permet de lever cette difficulté.

Nous avons préparé des mélanges en équilibre de solution et de cristaux, contenant des proportions différentes d'acide azotique et de zircone.

Pour chacun d'eux, nous avons analysé : 1° une partie de la solution séparée des cristaux; 2° un échantillon de cristaux plus ou moins imprégné d'eaux mères; 3° un mélange de cristaux et d'eau mère.

Le zirconium a été dosé par précipitation en oxyde hydraté au moyen de l'ammoniaque et calcination en $ZrO^2$.

L'acide azotique a été tout d'abord dosé par réduction en $NH^3$, au moyen du mélange — soude et alliage Dewarda — en recueillant l'ammoniac dégagé dans de l'acide $SO^4H^2$ titré. Ensuite nous avons cherché à opérer plus rapidement par titrage conductimétrique à la soude. Cette méthode ne

---

(¹) Séance du 9 avril 1934.

(²) *Berichte d. chem. Ges.*, **12**, 1879, p. 1719.

(³) *Berichte d. chem. Ges.*, **40**, 1907, p. 803.

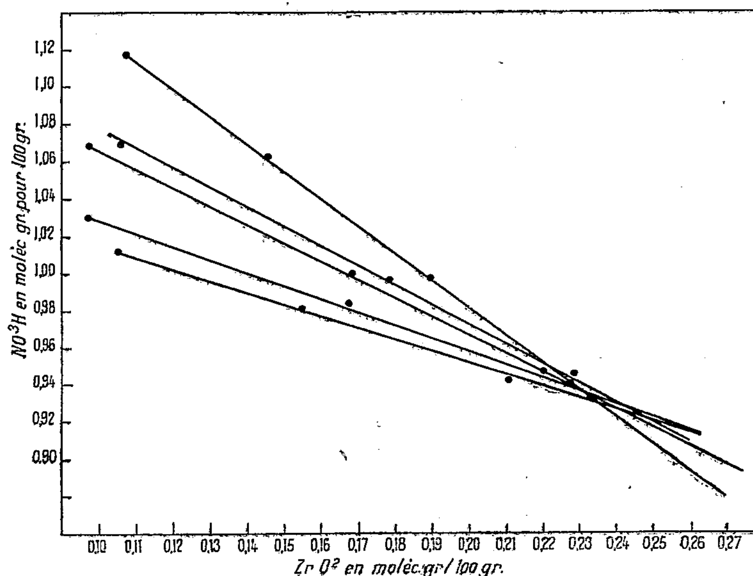
(⁴) *Comptes rendus*, **166**, 1918, p. 781.

(⁵) Soit, encore, à partir d'azotate de zirconyle (obtenu sous forme de poudre blanche par concentration au bain-marie d'une solution nitrique de zircone) dissous dans le minimum d'eau et additionné d'acide azotique concentré. Avec des produits non fraîchement préparés, on peut ne pas obtenir de cristaux.

donne de résultats corrects que si l'on opère en présence de base faible (ammoniaque, hexaméthylène tétramine, antipyrine) (¹).

L'erreur commise dans le dosage du zirconium a été au maximum égale à 0,5 pour 100 et dans le dosage de l'acide nitrique à 1 pour 100.

Les résultats sont figurés sur le diagramme suivant où les abscisses représentent le pourcentage en zircone et les ordonnées le pourcentage en acide azotique, exprimés l'un et l'autre en molécules-grammes pour $100^g$ de mélange.

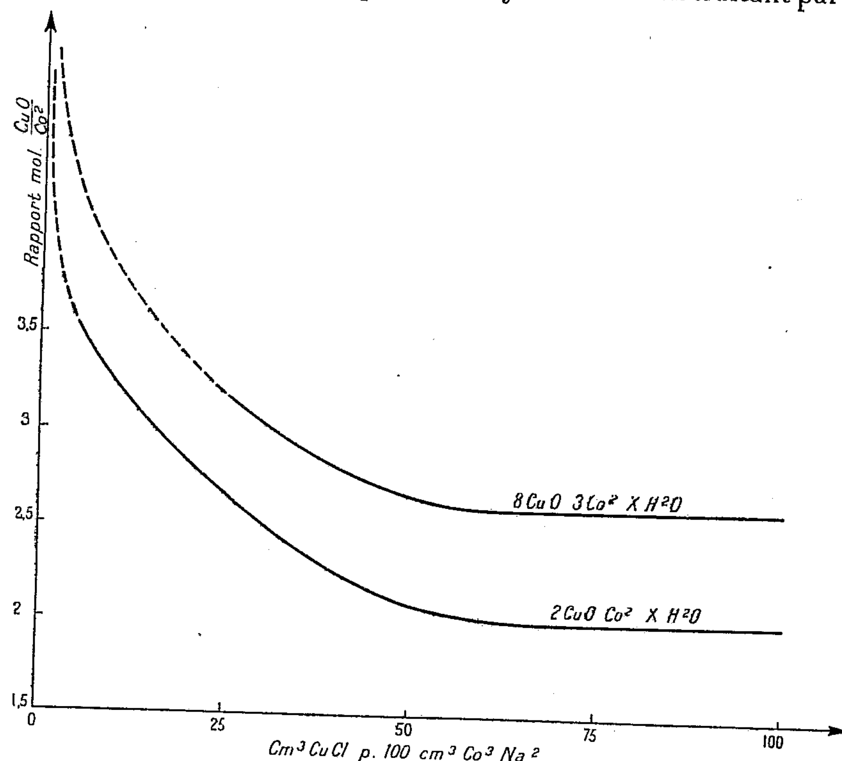



On voit que, pour chaque mélange étudié, les points représentant la composition des trois prélèvements sont situés sur une même droite. Ces différentes droites concourent, aux erreurs d'expériences près, en un point correspondant à la formule $(NO^3)^4Zr, 5H^2O$; il ne subsiste donc aucun doute sur l'existence de ce composé.

(¹) Contrairement à Chauvenet (*Ann. de Chimie*, 13, 1920, p. 85), dans aucun cas on n'a pu observer de discontinuités nettes correspondant aux nitrates basiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les carbonates basiques de cuivre bleus.* Note [1] de M<sup>lle</sup> **Suzanne Hémar**, présentée par M. G. Urbain.

La révision des nombreux carbonates de cuivre proposés jusqu'à maintenant nous a conduite à la conclusion suivante : 1° les carbonates [2] $8CuO.3CO^2$ et $5CuO.2CO^2$, que l'on croyait obtenir en traitant par l'eau le




La courbe I correspond aux conc. mol. : 0,025-0,05 au litre.
La courbe II correspond aux conc. mol. : 0,125-0,5-1 au litre.

sel $(CO^3)^2CuNa^2.3H^2O$, n'existent pas ; la réaction fournit de la malachite hydratée ; 2° quant aux autres carbonates [3] obtenus en précipitant le carbonate de sodium par le sulfate de cuivre, on ne peut émettre de conclusions

(1) Séance du 19 mars 1934.

(2) Struve, *Jahresb. geol. Bund.*, 1851, p. 367 ; Pickering, *J. chem. Soc.*, 95, 1909, p. 1409.

(3) Pickering, *J. chem. Soc.*, 95, 1909, p. 1409 ; Gröger, *Z. anorg. Chem.*, 24, 1900, p. 127.

nettes à leur sujet. L'ion sulfurique, contenu dans le précipité, peut être considéré comme lié au cuivre sous forme de sel neutre ou basique et ceci permet d'établir des formules différentes du carbonate cuivrique.

Il subsiste donc un doute sur la formule du précipité immédiatement formé par l'action du carbonate de sodium sur le sulfate de cuivre, par suite de la présence d'ions sulfuriques dans le produit obtenu. Nous avons cherché à remédier à cet inconvénient en employant un autre sel cuivrique. A cet effet le système $CO^3Na^2 + Cl^2Cu$ a été étudié. Les résultats figurent sur le graphique ci-dessus.

On voit qu'en précipitant des solutions équimoléculaires de $CO^3Na^2$ et $Cl^2Cu$ nous obtenons pour certaines proportions du mélange deux composés définis :

$8\,CuO.3CO^2.xH^2O$, pour de faibles concentrations;

$2\,CuOCO^2.xH^2O$, pour des concentrations plus élevées.

Afin de compléter ce travail, les phases solides ont été laissées dans leur eau mère; ceci nous a permis de déterminer les zones de formation de la malachite hydratée et du carbonate double de sodium, deux sels qui, on le sait, apparaissent dans de telles circonstances. L'analyse de cette malachite, séchée sur $SO^4H^2$ jusqu'à poids constant, conduit à la représenter par la formule $2CuOCO^2.1,5H^2O$. Sa décomposition thermique a été étudiée par deux méthodes : *a.* dessiccation à température régulièrement croissante (Guichard) (1); *b.* dessiccation à température fixe jusqu'à poids constant. Les résultats obtenus ont été enregistrés sur des courbes, et ces dernières ne présentent pas de palier entre ceux de $2CuOCO^2.1,5H^2O$ et de l'oxyde CuO.

La malachite à une molécule d'eau, si elle existe, ne prendrait donc pas naissance en opérant comme nous l'avons fait.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acétylation du sorbose en présence de pyridine.* Note de M. **Georges Arragon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré (2) que l'acétylation du sorbose par l'anhydride acétique en présence de chlorure de zinc donne à 0° du tétraacétylsorbose et à partir de 10° du pentaacétylsorbose, mais le rendement ne dépasse pas

(1) M. Vallet a effectué ces mesures.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1733.

25 pour 100 du rendement théorique. Nous avons cherché à améliorer cette préparation et ceci nous a conduit à élaborer une méthode qui a l'avantage, grâce à la pyridine, de rendre le sucre soluble dans l'anhydride acétique.

Nous avons opéré de la manière suivante :

On dissout une partie de sorbose pulvérisé dans dix parties de pyridine, puis on ajoute peu à peu un volume égal d'anhydride acétique; la solution est ensuite agitée mécaniquement pendant 4 heures en maintenant la température constante. On hydrolyse l'anhydride acétique par son volume d'eau et l'on neutralise l'acide acétique formé par un excès de bicarbonate de sodium; on essore. La solution obtenue se sépare en deux couches : une couche pyridinique qui renferme 85 pour 100 du sucre mis en réaction et une couche aqueuse saturée d'acétate de sodium qui renferme le reste du sucre primitif.

On traite la solution pyridinique par une grande quantité de benzène; on obtient une émulsion qui ne se sépare en deux couches qu'après l'addition de $100^{cm^3}$ d'eau. On décante la couche aqueuse qui renferme une partie de la pyridine et l'on épuise ainsi plusieurs fois la solution benzénique par l'eau. On arrête l'extraction de la pyridine lorsque la couche aqueuse devient incolore. La pyridine est alors presque éliminée et la solution benzénique renferme après ce traitement 95 pour 100 du sucre qui s'y trouvait auparavant.

D'autre part, on épuise la solution aqueuse saturée d'acétate de sodium par le benzène et on lave aussi par le benzène le bicarbonate de sodium essoré.

Toutes ces solutions benzéniques sont réunies, séchées sur du chlorure de calcium et distillées à sirop. On épuise ce sirop à l'éther chaud pour dissoudre les dérivés acétylés et séparer un résidu sirupeux qui gênerait la cristallisation. On distille la solution éthérée après l'avoir clarifiée par le noir animal et l'on obtient enfin un sirop brun clair que l'on concentre dans le vide et qui cristallise au bout de quelques jours.

Si l'on fait l'acétylation en maintenant la température à 0° on obtient à partir de $20^g$ de sorbose $20^g$ de tétraacétylsorbose, ce qui fait un rendement voisin de 50 pour 100 du rendement théorique.

Les constantes physiques du produit obtenu en présence de pyridine sont légèrement différentes de celles du tétraacétylsorbose obtenu en présence de chlorure de zinc. Dans chacun des cas, nous avons fait recristalliser le produit jusqu'à ce que les diverses fractions de deux cristallisations

successives, puis leur mélange, nous donnent des constantes identiques, ce qui a lieu dès la troisième cristallisation. Nous avons donc fait cinq recristallisations.

Nous avons obtenu les chiffres suivants :

| | En présence de chlorure de zinc. | En présence de pyridine. |
|---|---|---|
| Point de fusion (en bloc).................. | 96°,5 | 101°,5 |
| Pouvoir rotatoire dans le chloroforme........ | $\alpha\, lu = -1°45'$ | $\alpha\, lu = -1°47'$ |

$$[\alpha]^{20}_{578} = \frac{-1°45' \times 25}{0^{g},505 \times 4} - 21°30' \qquad \frac{-1°47' \times 25}{0^{g},500 \times 4} - 22°35'.$$

Nous avons pensé que ces différences pouvaient être dues à l'existence de deux isomères du tétraacétylsorbose. Mais seuls les dérivés méthyltétraacétylés que nous nous proposons de faire de ces deux corps nous permettront de résoudre la question.

Si l'on fait l'acétylation à la température ordinaire, on obtient encore le tétraacétylsorbose, mais mélangé d'un peu de pentaacétyl. On les sépare par cristallisation fractionnée dans l'éther, en mettant à profit le fait que le pentaacétyl est peu soluble à froid.

Enfin les acétylations faites à + 50° et à + 80° ne nous ont donné que des sirops, jusqu'ici incristallisables, dans lesquels le rapport acide acétique/sucre réducteur est voisin du rapport théorique du pentaacétylsorbose.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaisons de l'oxalate d'uranyle avec les oxalates alcalino-terreux.* Note (¹) de M. **A. Colani**, présentée par M. G. Urbain.

Poursuivant mes recherches sur les sels doubles ou complexes formés par l'oxalate d'uranyle (²), j'ai étudié par la méthode des solubilités l'action de l'oxalate d'uranyle sur les oxalates alcalino-terreux. On ne trouve jusqu'ici cité dans la bibliographie que quelques uranyloxalates de baryum que Lienau (³) a obtenus par action d'une solution chaude de chlorure de baryum sur une solution chaude d'un des uranyloxalates

---

(¹) Séance du 9 avril 1934.

(²) Colani, *Comptes rendus*, 163, 1916, p. 123; 165, 1917, p. 111 et 234.

(³) Lienau, *Inaug. Diss. Berlin*, 1898, p. 55-59.

alcalins décrits par lui; d'après Lienau ces corps, de formules très incertaines, seraient constitués par le corps $(C^2O^4)^2UO^2Ba$, $14H^2O$ plus ou moins impur.

J'ai toujours opéré en mettant en contact à température constante des quantités voulues d'eau, d'oxalate d'uranyle et d'un oxalate alcalino-terreux, et en laissant réagir, en agitant, jusqu'à équilibre, ce qui est fort long. J'analysais ensuite gravimétriquement la liqueur surnageante. Cette méthode n'est correcte que grâce à l'augmentation énorme de solubilité des

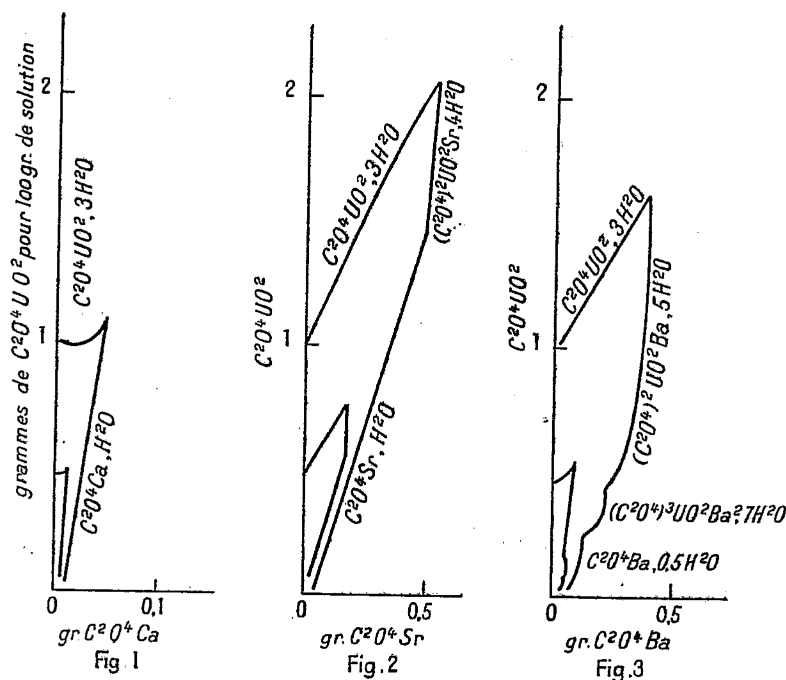


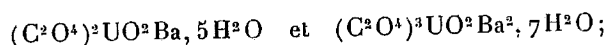
Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3

oxalates alcalino-terreux sous l'influence de l'oxalate d'uranyle; les résultats obtenus sont très concordants. J'ai effectué mes déterminations à 15 et à 50°.

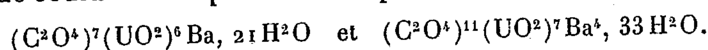
*Système eau, oxalate d'uranyle, oxalate de calcium.* — On n'observe pas de combinaison entre les deux corps, ni à 15, ni à 50°. Le diagramme de solubilité est donc formé de deux branches de courbe correspondant aux phases solides $C^2O^4UO^2$, $3H^2O$ et $C^2O^4Ca$, $H^2O$. Les deux branches de courbes se coupant à 15° au point de transformation $C^2O^4UO^2 = 0,469$ et $C^2O^4Ca = 0,012$ pour 100$^g$ de solution et à 50° au point $C^2O^4UO^2 = 1,07$ et $C^2O^4Ca = 0,044$ (*fig.* 1).

*Système eau, oxalate d'uranyle, oxalate de strontium.* — On observe ici la formation, à 15 et à 50° de l'uranyloxalate de strontium $(C^2O^4)^2UO^2Sr, 4H^2O$. Le diagramme est alors formé de trois branches, sensiblement rectilignes, celle correspondant à l'uranyloxalate de strontium étant presque verticale. Les coordonnées des points de transformation sont à 15° pour le passage de $C^2O^4UO^2, 3H^2O$ à $(C^2O^4)^2UO^2Sr, 4H^2O$ : $C^2O^4UO^2 = 0,771$, $C^2O^4Sr = 0,164$, pour celui de $(C^2O^4)^2UO^2Sr, 4H^2O$ à $C^2O^4Sr2, 5H^2O$ : $C^2O^4UO^2 = 0,549$ $C^2O^4Sr = 0,163$. A 50° on a les points $C^2O^4UO^2 = 2,10$, $C^2O^4Sr = 0,521$ et $C^2O^4UO^2 = 1,45$, $C^2O^4Sr = 0,477$ (*fig.* 2).

*Système eau, oxalate d'uranyle, oxalate de baryum.* — L'étude de ce système à 15 et à 50° montre l'existence certaine des composés


$(C^2O^4)^2UO^2Ba, 5H^2O$ et $(C^2O^4)^3UO^2Ba^2, 7H^2O$;

mais il ne serait pas impossible que de part et d'autre du point de passage de $C^2O^4UO^2, 3H^2O$ à $(C^2O^4)^2UO^2Ba, 5H^2O$ il se trouve deux petites branches de courbe correspondant aux phases solides


$(C^2O^4)^7(UO^2)^6Ba, 21H^2O$ et $(C^2O^4)^{11}(UO^2)^7Ba^4, 33H^2O$.

J'ai en effet constamment trouvé autour de ce point de transition quelques points très rapprochés de ce dernier et correspondant à ces phases solides. Malheureusement la détermination exacte de leur position était de l'ordre des erreurs d'expérience. En outre le point de transition des phases $(C^2O^4)^3UO^2Ba^2, 7H^2O$ et $C^2O^4Ba, 2H^2O$ est peu net, les deux phases solides pouvant coexister dans un certain intervalle dans un état très voisin de l'équilibre (*fig.* 3). Le tableau suivant donne les coordonnées des points de transition rapportées à 100$^g$ de solution.

| Phases solides | 15°. | | 50°. | |
|---|---|---|---|---|
| | $C^2O^4UO^2$. | $C^2O^4Ba$. | $C^2O^4UO^2$. | $C^2O^4Ba$. |
| $C^2O^4UO^2, 3H^2O$ / $(C^2O^4)^2UO^2Ba, 5H^2O$ | 0,563 | 0,0772 | 1,622 | 0,370 |
| $(C^2O^4)^2UO^2Ba, 5H^2O$ / $(C^2O^4)^3UO^2Ba^2, 7H^2O$ | 0,140 | 0,0592 | 0,443 | 0,211 |
| $(C^2O^4)^3UO^2Ba^2, 7H^2O$ / $C^2O^4Ba, 2H^2O$ (0,5 $H^2O$ à 50°) | 0,0449 | 0,0306 | 0,239 | 0,130 |

L'examen des courbes de solubilité de ces trois systèmes montre une augmentation, qui peut être très considérable, de la solubilité de l'oxalate alcalino-terreux et une augmentation beaucoup moins forte de celle de l'oxalate d'uranyle. On a donc certainement affaire ici à des corps complexes, à peu près totalement dissociés, comme c'est généralement le cas avec les sels d'uranyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Extension de la réaction de Cannizzaro aux aldéhydes aliphatiques et arylaliphatiques.* Note [1] de MM. **Sébastien Sabetay** et **Léon Palfray**, présentée par M. M. Delépine.

Nous avons montré [2] que les *aldéhydes du type benzoïque,* chauffés en présence de potasse benzylique N/2, se transforment quantitativement en acide et alcool correspondants. De cette transformation, qui participe à la fois des réactions de Cannizzaro et de Claisen-Titschenko, nous avons déduit une méthode de dosage des aldéhydes, à l'état pur ou en mélange avec d'autres constituants, tels qu'ils se trouvent dans certaines huiles essentielles (cumin, amandes amères, etc.). A notre connaissance, la réaction de Cannizzaro n'a encore été appliquée qu'à un petit nombre d'aldéhydes particuliers, sans qu'on sache au juste quelles sont les conditions spéciales de structure qui permettent ou empêchent la réaction. Nos essais montrent que cette réaction est bien plus générale qu'on ne l'admettait jusqu'alors, car nous l'avons réalisée avec des aldéhydes mono, di ou trisubstitués en $\alpha$ (improprement appelés primaires, secondaires ou tertiaires), aliphatiques ou arylaliphatiques, linéaires ou ramifiés, saturés ou non. Bien que dans certains cas elle ne soit pas rigoureusement quantitative, nous ne doutons pas que, par des modifications appropriées, elle ne puisse être utilisée dans un but analytique.

Nous opérons en chauffant, pendant deux heures et demie à l'ébullition sur bain de sable, $0^g,5$ à $1^g,5$ d'aldéhyde avec $25^{cm^3}$ de potasse benzylique N/2. Après refroidissement, nous reprenons la bouillie cristalline de sels de potassium par $50^{cm^3}$ d'alcool, et nous titrons en retour par $SO^4H^2$ N/2 en présence de phénolphtaléine. Pour éviter les erreurs possibles, imputables à la seule action de la chaleur sur l'alcool benzylique, nous faisons un essai témoin avec $25^{cm^3}$ de KOH benzylique N/2. Dans le calcul final, on tient compte du témoin, de même que de l'acidité initiale de l'aldéhyde. Nous avons contrôlé nos résultats par dosage des aldéhydes au moyen du chlorhydrate d'hydroxylamine en présence de bleu de bromophénol. Toutes choses égales d'ailleurs, mais en l'absence de KOH, la réaction est nulle; en présence de KOH *éthylique*, elle est, sinon nulle, au moins très

(1) Séance du 16 avril 1934.

(2) Palfray, Sabetay et Sontag, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1502.

incomplète. Nous n'avons constaté de résinification pour aucun aldéhyde, tout au plus des colorations noirâtres pour les aldéhydes phénoliques (salicylique, vanilline) ou pour le furfurol, pour lesquels on n'a pu saisir le virage même à la lumière de Wood, en présence de méthylombelliférone, probablement à cause d'un phénomène d'extinction de la fluorescence.

On peut étudier la cinétique de la réaction en réglant la durée de chauffage. Ainsi, pour le citronnellal, au bout de 5 minutes le taux de la transformation était de 45,6 pour 100, au bout de 15 minutes de 73,7, au bout d'une heure de 82,4, et au bout de 2 heures et demie de 90,8 pour 100. Pour les aldéhydes aliphatiques nous n'avons constaté rien d'anormal, sauf pour les aldéhydes dits secondaires (méthylnonylacétaldéhyde et citral) qui nous ont donné des taux ne dépassant pas 60. En revanche, les aldéhydes cinnamique et α-alcoylcinnamique présentent un phénomène de rétrogradation analogue à celui qui a déjà été décrit par Viard [1] pour l'aldéhyde cinnamique, d'où résulte un taux de transformation supérieur à 100. Les deux tronçons aldéhydiques résultants donnent chacun pour son compte la réaction de Cannizzaro, toutefois pour le tronçon aldéhyde acétique, à cause de la volatilité excessive de ce corps, l'action est incomplète.

Dans les conditions où nous l'effectuons, la réaction de Cannizzaro peut rendre des services pour la préparation d'alcools difficilement accessibles par d'autres voies. Nous l'avons ainsi appliquée à la préparation de l'hydroxycitronnellol à partir de l'hydroxycitronnellal. En chauffant à l'ébullition pendant 2 heures et demie $34^g$ d'hydroxycitronnellal avec $400^{cm^3}$ KOH benzylique N/2 nous avons pu obtenir, à côté de corps extrêmement visqueux bouillant très haut (alcools du type Guerbet) (?), $7^g$ d'hydroxycitronnellol pur, liquide saturé très visqueux, inodore, de saveur amère brûlante, possédant les constantes suivantes :

$Eb_{15}$ 156°; $d_{20}^{20} = 0,935$; $n_D^{20} = 1,4610$; $R_D$ trouvé, 51,1, calculé pour $C^{10}H^{22}O^2$, 51,43; Combustion : subst. $0^g,1705$; $CO^2$, $0^g,4322$; $H^2O$, $0^g,1969$. Trouvé : C, 69,15. H, 12,8; calculé : C, 68,96 %; H, 12,69 %.

L'hydroxycitronnellol a déjà été préparé par Tiemann et Schmidt, Barbier et Locquin, R. Sornet, mais par d'autres voies.

Dans le tableau suivant, nous résumons les dosages que nous avons effectués avec divers aldéhydes, comparativement aux dosages par l'hydroxylamine.

---

(1) Viard, *Parfums de France*, 2, 1924, p. 103.

| | Cannizzaro. | $NH^2OH$. |
|---|---|---|
| *Aldéhydes aliphatiques.* | | |
| Saturés linéaires : heptylique | 88,2 | 93,2 |
| » octylique | 76 | 94,4 |
| » nonylique | 96,9 | 95,4 |
| » décylique | 87,1 | 86,5 |
| » undécylique | 94,8 | 92,4 |
| » dodécylique | 79,1 | 81,6 |
| Saturés ramifiés : dihydrocitronnellal | 92,6 | 91,9 |
| » hydroxylés : hydroxycitronnellal | 85,8 | 92,8 |
| Non saturés linéaires : undécylénique | 86 | 96,3 |
| » ramifiés : citronnellal | 90,8 | 89 |
| α-disubstitués, saturés, ramifiés : méthylnonylacétaldéhyde | 57,2 | 87,7 |
| » non saturés, ramifiés : citral (¹) | 50,9 | 91 |
| *Aldéhydes arylaliphatiques.* | | |
| Saturés, linéaires : phénylacétique | 81,7 | 92,4 |
| » » phénylpropionique | 90,2 | 81,2 |
| α-disubstitués, saturés : hydratropique | 98 | 95,8 |
| » (non saturés) : cinnamique | 123 | 92 |
| α-trisubstitués (non saturés) : α-amylcinnamique | 191 | 95,9 |
| » » α-n-hexylcinnamique | 179,8 | 98,2 |
| Constitution incertaine : cyclamen $C^{13}H^{18}O$ (?) (²) | 44,4 | 39,9 |

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables. Le triphényl-1.1'.3'-rubène carboxylate d'éthyle-3*, $C^{36}H^{23}.CO^2C^2H^5$; *son oxyde dissociable*. Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. Delépine.

Le caractère acide du triphényl-1.1'.3'-carboxy-3 rubène, $C^{36}H^{23}.CO^2H$, a déjà été mis en évidence (³) par salification à l'aide de bases minérales. Une nouvelle preuve de l'existence de la fonction acide est apportée au cours du présent travail par l'estérification de la substance.

---

(¹) Coupure probable en méthylheptanone et acétaldéhyde.

(²) On voit, par cet exemple, que, dans le cas d'aldéhydes de constitution inconnue, on peut se servir avec profit de notre réaction et déterminer la teneur en aldéhyde par la quantité de KOH fixée.

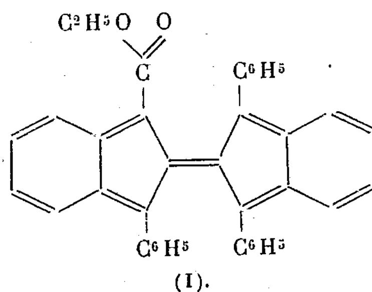
(³) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 662.

Cette opération a été réalisée avantageusement en traitant son sel d'argent par l'iodure d'éthyle.

Tout d'abord le sel d'argent a été préparé par double décomposition entre le sel de sodium, $C^{36}H^{23}.CO^2Na$, et le nitrate d'argent; il suffit de mélanger à froid des solutions alcooliques équimoléculaires de l'un et de l'autre pour obtenir immédiatement un précipité cristallin de couleur orangé rouge, si l'on opère à l'abri de la lumière; ce précipité, insoluble dans l'eau et les solvants organiques, noircit rapidement par exposition à la lumière solaire.

Le dérivé argentique ainsi formé est ensuite mis en suspension dans l'éther, à la température ordinaire, en présence d'un excès d'iodure d'éthyle. Au bout de 48 heures, on retire de la solution, colorée en rouge, l'éther-sel cherché, avec un rendement de 80 pour 100; tandis que dans la partie insoluble il reste, d'une part, de l'iodure d'argent, 96 pour 100 et, d'autre part, de l'acide initial, $C^{36}H^{23}.CO^2H$, près de 8 pour 100. La régénération de ce dernier paraît être due à la décomposition partielle soit du sel de sodium, soit du sel argentique par suite d'une légère humidité des solvants employés, bien que redistillés extemporanément.

L'ester se présente en cristaux rouges qui fondent à 237°-238° (fusion instantanée) après élimination, vers 195°, d'une demi-molécule de solvant de cristallisation (benzène ou éther). L'analyse élémentaire, ainsi que les déterminations cryoscopiques (benzène), permettent de lui assigner la formule $C^{39}H^{28}O^2$. Le triphényl-1.1'.3', rubène carboxylate d'éthyle-3 [formule (I)]



(I).

est soluble dans le sulfure de carbone, l'éther, le benzène, il l'est beaucoup moins dans l'alcool et l'acétone.

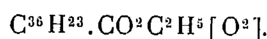
Les solutions sont rouges, mais non fluorescentes à la lumière solaire. En lumière visible, le spectre d'absorption des solutions benzéniques se compose de trois bandes dont les maxima sont à 5200 Å, 4850 Å et 4650 Å.

La position de ces bandes est sensiblement la même, tout au moins pour les deux plus intenses, que celle du sel de sodium, $C^{36}H^{23}.CO^{2}Na$, et que celle de l'acide lui-même; l'écart ne dépasse pas 50 Å.

La saponification de l'ester éthylique se produit par chauffage de la substance à 140°-145°, en tube scellé en présence de potasse alcoolique; l'acide régénéré a toutes les propriétés de l'acide initial, $C^{36}H^{23}.CO^{2}H$.

*Oxyde dissociable.* — Le triphénylrubène-carboxylate d'éthyle possède la propriété caractéristique des dérivés rubéniques, celle de fixer par addition l'oxygène atmosphérique par irradiation solaire, en donnant un peroxyde dissociable à la chaleur. La vitesse de photo-oxydation de l'éther-sel, qui est de l'ordre de grandeur de celle de l'acide, est environ 20 fois plus petite que celle du sel de sodium.

Le produit d'oxydation, formé au sein du benzène, est obtenu avec un rendement voisin de 70 pour 100; après recristallisation, il fond à 239°-240° (fusion instantanée) en se décomposant en une substance rouge. L'analyse et la cryoscopie (benzène) sont en accord avec la formule



$$C^{36}H^{23}.CO^{2}C^{2}H^{5}[O^{2}].$$

Par chauffage dans le vide, à la température de 180°-190°, cet oxyde libère un gaz constitué par de l'oxygène presque pur.

Voici les résultats d'une dissociation ayant porté sur $0^{g},1728$ d'oxyde. Volume du gaz dégagé, ramené par le calcul à 0° et à $760^{mm}$, $3^{cm^3},35$, solvant recueilli $0^{g},0028$, résidu $0^{g},1650$.

*Analyse du gaz.*

| | | |
|---|---|---|
| | cm³ | |
| Gaz absorbé par KOH................ | 0,23 | 6,86 pour 100 |
| Gaz absorbé par $S^{2}O^{4}Na^{2}$............. | 3,075 | 91,79 » |
| Gaz résiduel........................ | 0,045 | 1,34 » |

Le gaz recueilli est donc constitué par de l'oxygène dans la proportion voisine de 92 pour 100. Cet oxygène, $3^{cm^3},075$, représente ainsi 43,9 pour 100 de la quantité théorique.

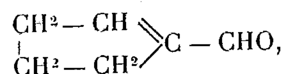
D'autre part, on s'est assuré qu'en même temps qu'il y avait libération d'oxygène, il y avait aussi régénération de l'ester. Celui-ci a été récupéré dans la proportion de 40 pour 100, le reste étant constitué par une résine rouge.

Ainsi le remplacement, dans le noyau rubénique, d'un radical phényle

par une fonction éther-sel, ne paraît pas apporter de perturbation essentielle dans le mode de liaison de la molécule d'oxygène au squelette rubénique; mais provoque toutefois une diminution du rendement en oxygène dégagé.

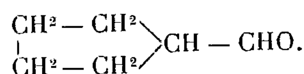
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques produits de réduction de l'aldéhyde cyclopenténylformique* Note de M. **Edmond Urion**, présentée par M. Delépine.

J'ai publié récemment, pour l'aldéhyde cyclopenténylformique,



une synthèse qui la rend facilement accessible ([1]). Ce composé comportant deux doubles liaisons, l'une carbone-carbone, l'autre carbone-oxygène, il y a possibilité, en saturant l'une ou l'autre, d'obtenir plusieurs produits de semi-réduction.

La réduction par l'hydrogène gazeux, catalysée par le noir de palladium déposé sur charbon, m'a permis de passer à un corps déjà connu, l'aldéhyde cyclopentylformique ([2]) :

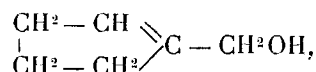


Il paraissait d'autre part intéressant de soumettre cette aldéhyde $\alpha$-éthylénique à la réduction par le couple zinc-cuivre en milieu acétique, suivant la technique que Griner avait appliquée à l'acroléine. J'ai obtenu des résultats parallèles aux siens et réussi à isoler deux nouveaux composés : l'$\alpha$-cyclopenténylcarbinol et le dicyclopenténylglycol.

En traitant $50^g$ d'aldéhyde, on peut séparer une première fraction, environ $20^g$, distillant à 65°-68° sous $10^{mm}$ et représentant l'alcool à peu près pur (rendement 40 pour 100), puis une seconde fraction passant à 170°-175° sous $10^{mm}$. Celle-ci cristallise partiellement, ce qui permet d'extraire par essorage $8^g$ d'un solide blanc : c'est un dicyclopenténylglycol, qui, après purification, fond à 123° (rendement 16 pour 100). La partie liquide bout d'ail-

([1]) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1512.
([2]) *Ann. Chim.*, 11e série, **1**, 1934, p. 43.

leurs au même point que le solide et semble bien être un isomère de celui-ci : la formule du dicyclopenténylglycol laisse en effet prévoir l'existence de deux isomères, l'un inactif et l'autre racémique, correspondant aux deux positions possibles des groupements oxhydryles sur les atomes de carbone centraux. Le solide F = 123° représente, à l'état de pureté, un de ces isomères, l'*α-cyclopenténylcarbinol :* $C^6H^{10}O$, ou



liquide assez visqueux, dont voici les constantes :

$$E_{11} = 66°, \quad d_4^{21} = 0,963, \quad n_D^{21} = 1,4770.$$

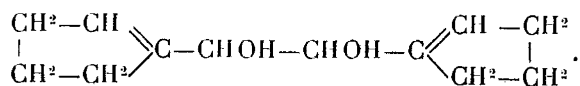
R. M. calculée : 28,754, R. M. théorique : 28,766.

L'isocyanate de phényle s'y additionne avec formation d'une uréthane cristallisée en aiguilles et fondant à 64°-65°. Le phtalate acide correspondant fond à 234° au bloc Maquenne et subit en même temps une légère décomposition.

Cet alcool constitue la tête d'une série dont j'ai déjà préparé trois termes, les dérivés méthylé, éthylé et *n*-propylé, par condensation de l'aldéhyde initiale avec les bromures de méthyl-, éthyl-, et *n*-propylmagnésium (1).

Les spectres Raman de ces alcools ont été déterminés par M. Piaux et sont publiés ci-dessus (p. 1496) de façon complète : ils présentent tous une raie éthylénique forte dans la région 1650 cm⁻¹, 1655 cm⁻¹, caractéristique de la double liaison du noyau cyclopenténique α-substitué. L'α-cyclopenténylcarbinol lui-même possède un spectre rigoureusement exempt de raies d'impureté : en particulier, il ne contient pas trace de l'aldéhyde de départ dont l'effet Raman, très intense à cause des liaisons conjuguées, ne manquerait pas d'apparaître sur les clichés.

*Dicyclopenténylglycol :* $C^{12}H^{18}O^2$, ou

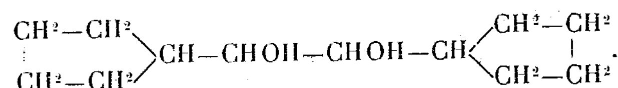


Après recristallisation dans l'alcool aqueux, il se présente sous forme de paillettes blanches fondant à 123°. Sa solution chloroformique décolore le

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2311.

brome, mais sans conduire à un bromure cristallisé. L'attaque par le chlorure de benzoyle et la pyridine en milieu éthéré permet de le transformer en dibenzoate, qui, recristallisé dans l'alcool absolu, fond à 127°.

*Dicyclopentylglycol :* $C^{12}H^{22}O^2$, ou



Le glycol précédent, agité en atmosphère d'hydrogène en présence de noir de palladium déposé sur charbon, absorbe sensiblement $4^{at}$ d'hydrogène par molécule et se transforme en un dicyclopentylglycol. Recristallisé de sa solution alcoolique, c'est un solide blanc fondant à 133° et dont la solution chloroformique ne décolore plus le brome. Le point de fusion du mélange des deux glycols est d'ailleurs abaissé et s'étale de 109° à 120°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un troisième hydrate de phénylméthyléthylbétaïne et sur les conditions de sa formation.* Note de M^me **Guaisnet-Pilaud**, présentée par M. Delépine.

J'ai montré (¹) qu'en traitant par l'oxyde d'argent le produit d'addition global de l'éther iodacétique avec le méthyléthylaniline, on obtient deux *hydrates bétaïniques*, l'un métastable, à $1H^2O$, l'autre stable, à $2H^2O$ ; ces hydrates correspondent respectivement à deux phénylméthyléthylbétaïnes stéréo-isomères.

Le *monohydrate* fusible à 175° se transforme spontanément, dans certaines conditions, dans le *dihydrate* fusible à 79°,5 ; il fournit le même *picrate* (F. 158°,5) et le même *chloroplatinate* (F. 134°) que le dihydrate ; mais il en diffère par sa combinaison avec l'acide oxalique et par son produit d'isomérisation par la chaleur (phénylméthylamino-acétate d'éthyle pour le premier, phényléthylamino-acétate de méthyle pour le deuxième. Deux hydrates correspondant aux phénylméthylpropylbétaïnes ont été préparés dans des conditions analogues.

J'ai obtenu depuis lors un troisième *hydrate de phénylméthyléthylbétaïne* en traitant par l'oxyde d'argent le produit de la combinaison de l'iodure de méthyle avec l'éther phényléthylamino-acétique. La réaction lente et assez complexe (production accessoire d'éther iodacétique et d'iodure de dimé-

(¹) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1286 ; **197**, 1933, p. 156.

thyléthylphénylammonium), conduit en fin de compte encore à un mélange de deux hydrates bétaïniques : le *dihydrate* stable (F. 79°,5) et un *monohydrate* fusible à 103°, isomère du monohydrate (F. 175°) obtenu dans la réaction précédente, mais plus stable que lui; il donne en effet un *picrate* (F. 186°) et un *chloroplatinate* (F. 168°) différents des premiers.

L'obtention de deux monohydrates dans des réactions qui diffèrent par l'ordre de fixation des radicaux hydrocarbonés sur l'atome d'azote, confirme définitivement l'existence signalée par Le Bel ([1]) d'isomères géométriques inactifs chez les composés de l'azote pentavalent asymétrique. Les schémas proposés par Jones ([2]) représentent au mieux la formation et les propriétés de ces isomères et celles du dihydrate stable.

L'*éther phényléthylamino-acétique* utilisé pour ces recherches a été préparé d'abord en chauffant le monochloracétate d'éthyle ($1^{mol}$) avec l'éthylaniline ($2^{mol}$) à 150° ou avec la diéthylaniline ($2^{mol}$) à 190-220°. Il bout à 149-150° sous $13^{mm}$ (T. du bain, 200°). Cet éther se forme aussi en quantité notable par dissociation spontanée de l'iodure quaternaire résultant de la combinaison de l'éther iodacétique avec la méthyléthylaniline; mais le produit obtenu dans ces conditions diffère du précédent en ce qu'il se combine rapidement et intégralement à l'iodure de méthyle, et que l'hydrate bétaïnique résultant du traitement ultérieur par l'oxyde d'argent est constitué uniquement par l'isomère fusible à 103°.

Cette différence d'activité réactionnelle de deux dérivés aminés tertiaires, de même constitution chimique mais d'origine différente, se manifeste dans un autre cas :

En effet, la combinaison de l'éther iodacétique avec la méthyléthylaniline ([3]) n'a pas lieu de la même façon suivant que cette dernière base a été obtenue avec l'iodure d'éthyle ou avec le bromure d'éthyle et la même méthylaniline. La séparation du gel (iodure quaternaire + iodacétate d'éthyle) a lieu tout autrement, et la quantité d'éther iodacétique associé à l'iodure quaternaire est plus que double dans le premier cas que dans le second; les quantités d'amine surnageante non combinée diffèrent bien entendu dans le même rapport. Cette différence de réactivité des méthyléthylanilines a été observée constamment, dans des conditions variées; elle ne semble pas devoir être imputée à la présence d'une impu-

---

([1]) *Comptes rendus*, **129**, 1899, p. 548; *D. ch. Ges.* **33**, 1900, p. 1003.
([2]) *Chem. Soc.*, **85**, 1904, p. 223; **87**, 1905, p. 1721.
([3]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **47**, 1930, p. 1151.

reté halogénée, iodée ou bromée, résultant de leur mode de préparation. Toujours est-il que la base d'origine iodée ne contient pas de trace d'iode. Ce point a été vérifié en brûlant la base dans un tube muni de quartz platiné et d'une toile d'argent ([1]), et en appliquant à cette dernière la méthode de Denigès (dissolution dans le cyanure de potassium et addition d'ammoniaque, puis de nitrate d'argent).

PÉDOLOGIE. — *Les terres blanches de Lorraine, leur origine, nature et vocation naturelle.* Note de M. **Henri Erhart**, présentée par M. L. Cayeux.

Dans certaines parties de la Lorraine on voit souvent apparaître, par-ci par-là, dans le paysage, des terres d'une couleur grise claire qui contrastent fortement avec les sols environnants de teintes plus foncées. Le cultivateur distingue bien ces terres de toutes les autres, par un ensemble de caractères particuliers qu'elles présentent : couleur, structure physique, aptitudes culturales, etc. Il les appelle *terres blanches* ou, en Lorraine de langue allemande, *Weissboden*. On les voit particulièrement bien développées sur la rive gauche de la Sarre, à la hauteur de Sarre-Union, ou en suivant la route qui va de Sarre-Union à Dieuze et, en général, dans des régions où la Lettenkohle ou le Keuper affleurent uniquement.

Ces terres blanches ont apparemment toutes une même origine. Elles proviennent de dépôts éoliens quaternaires, identiques à ceux que nous avons trouvés sur la haute terrasse de la Sarre et qui contiennent des paléo-sols que nous avons décrits antérieurement ([2]).

Suivant leur histoire et leur âge, les terres blanches présentent des aspects variés facilement explicables. L'aspect le plus typique est réalisé quand la terre arable est constituée par l'affleurement de l'horizon podzolique B d'un paléo-sol forestier. Alors la terre est d'un blanc éclatant et l'on voit le plus souvent dans ce cas le sol parsemé d'innombrables petits pisolithes ferrugineux qui ne sont autre chose que l'Ortstein (horizon $B_1$) qui a été attaqué et ramené en surface par les travaux aratoires.

Lorsque la terre arable est constituée par l'affleurement de l'horizon A du paléo-sol, la terre possède naturellement une couleur plus ou moins foncée due à la présence d'humus forestier ancien.

([1]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 1466.
([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 959.

Les sols jeunes, constitués aux dépens de lœss typique venu postérieurement à la formation des paléo-sols ou compris entre deux paléo-sols, ont une couleur grise qui se rapproche sensiblement de l'aspect du dépôt primitif.

La composition chimique des lœss dont nous parlons est remarquablement homogène, au moins pour certains constituants. Ils sont toujours dépourvus de calcaire et toujours extrêmement pauvres en acide phosphorique. Même dans des extraits à l'acide sulfurique bouillant, l'acide phosphorique n'existe qu'à l'état de traces indosables par les méthodes de dosages ordinaires. On trouve des quantités dosables, mais toujours très faibles, de $P^2O^5$, seulement dans l'Ortstein des anciens sols forestiers, l'Ortstein étant comme on sait un horizon d'accumulation pour tous les éléments émigrés des horizons supérieurs dans le processus de la dégradation forestière. La potasse existe dans la roche mère en quantités toujours appréciables. Dans les vieux sols forestiers elle est également accumulée dans l'Ortstein.

Connaissant les caractéristiques chimiques de la roche mère des terres blanches ainsi que l'histoire de leur formation, il est facile de déduire les grandes lignes des amendements culturaux que réclament ces terres. Ceux-ci consistent avant tout dans l'apport de chaux et d'acide phosphorique, ainsi que dans la destruction de l'Ortstein, là où celui-ci existe dans le sous-sol. L'Ortstein isole complètement le sol de son substratum, et interdit ainsi l'ascension de l'eau et des solutions nutritives circulant dans le sous-sol. Sa destruction porte remède au danger de sécheresse du sol, mobilise les éléments fertilisants accumulés dans l'Ortstein, et ouvre une voie à des apports naturels nouveaux d'éléments fertilisants venant par en bas.

Les terres blanches réalisent un très bel exemple d'aptitude sylvicole particulière. Dans des semis artificiels, ou après des coupes rases d'un peuplement mixte de chênes et de hêtres, les jeunes hêtres étouffent absolument tous les concurrents chênes. Même en décapitant plusieurs années de suite les jeunes hêtres, on n'arrive pas à imposer le chêne au sol. Toujours le hêtre triomphe. Les terres blanches de Lorraine sont donc essentiellement des sols à hêtres.

GÉOLOGIE. — *Étude tectonique de la région Nord de Medjana (Algérie).* Note de M. G. **Lucas**, présentée par M. L. Cayeux.

La région située au Nord de Medjana (commune mixte des Biban, département de Constantine) est constituée par un massif important d'argiles et grès medjaniens, dont les faciès et la faune font l'objet d'une Note rédigée en collaboration avec J. Flandrin. La présente étude a pour objet la structure tectonique de cette zone, le long d'une ligne Nord-Sud suivant à peu près la route de Bordj-bou-Arréridj à Akbou.

L'observation attentive des plis du Medjanien permet d'y reconnaître une structure en éventail caractéristique. Dans la région centrale, les plis sont généralement peu profonds, mais à flancs verticaux; ils se couchent de plus en plus vers le Sud, en s'avançant dans cette direction. Le Djebel Tafertast (Dj. Metmen de la carte au 1/200000$^e$), à la bordure Sud du massif, est formé par l'empilement d'un synclinal et d'un anticlinal, tous deux couchés jusqu'à l'horizontale sur 2$^{km}$ de profondeur.

Vers le Nord, la tectonique est moins évidente, les plis sont soit verticaux, soit déversés au Nord. Au front septentrional du Medjanien, particulièrement autour des villages de Feidh-ben-Habès, près du Teniet el Khemis, à 18$^{km}$ de Medjana, s'observe un curieux phénomène de recouvrement. Le Trias du substratum, sous l'effet de la poussée violente qui a plissé le Medjanien, s'est écoulé vers le Nord, accompagné par des blocs d'ophite, de schistes satinés verts et de calcaires. Ceux-ci forment, dans la masse gypseuse, des barres résistantes de 20$^m$ de puissance environ, peu continues, atteignant au maximum 1$^{km}$ de longueur. Ils contiennent quelques rares Echinodermes, des Polypiers simples, des Lamellibranches : *Cypricardia*, *Avicula*, et surtout *Dimyopsis intustriata* Emm., caractéristique de l'Hettangien dans cette région. Cet ensemble s'est avancé d'au moins 1200$^m$ sur divers niveaux du Crétacé, le long d'un contact anormal à peine incliné dans l'ensemble, mais assez accidenté dans le détail. Le Crétacé, visible dans de nombreuses fenêtres creusées par des ravins, comporte des marno-calcaires du Sénonien supérieur et des marnes noires du Sénonien moyen. Ces couches, assez redressées, reposent sur des marno-calcaires de la base du Cénomanien, peu inclinés, formant le flanc sud d'un anticlinal de schistes albiens, au centre duquel des couches à Orbitolines, Huîtres et débris de Rudistes, paraissent représenter l'Aptien.

Au-dessus de cette lame de Trias, on retrouve les couches de base du Medjanien, et parfois, au-dessous de lui, des lambeaux de Sénonien. Enfin, une grande masse de calcaire à silex de l'Éocène inférieur, emballée dans le Trias, paraît avoir été entraînée par lui lors de sa mise en place.

La structure en éventail signalée ici est sans doute le résultat du resserrement, lors de la phase alpine, d'une zone où s'était déposé le Medjanien; cette fosse, bordée au Nord par les monts déjà émergés (¹) des Biban, et au Sud par le Sénonien plissé de la Medjana, correspondrait à une partie de la « dépression subbibanique » où M. J. Savornin (*loc. cit.*, p. 393) signale de « curieuses complications », sous la forme de « véritables écailles » (*loc. cit.*, p. 394-395) de Crétacé inférieur.

Il est probable, vu la distribution actuelle du Trias, que sa masse principale devait se trouver dans la partie Nord-Ouest de cette dépression; la région Sud n'en comporte que des gisements très restreints. Cette disposition expliquerait peut-être la différence des réactions du Medjanien aux efforts tectoniques, sur ses bords Nord et Sud.

SÉISMOLOGIE THÉORIQUE. — *Le début des ondes de Love.* Note de M. **J. Coulomb**, présentée par M. M. Brillouin.

J'ai présenté (²) un argument en faveur de l'existence, dans les ondes de Love, de trains discontinus révélés sur les séismographes par leurs pseudo-périodes stationnaires. Ces trains n'apparaissent pas dès le début. Au contraire, les premières ondes montrent une pseudo-période continûment décroissante (³) avec une amplitude apparente continûment croissante. L'amplitude vraie doit croître aussi, mais moins rapidement (⁴).

Jeffreys a trouvé (⁵) un tel début par le calcul en étudiant l'effet d'une rotation brusque sur un milieu homogène surmonté d'une couche plane. Dans cette rotation, les particules atteintes par l'onde directe sont brus-

(¹) J. Savornin, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2ᵉ série, nº 7, 1920, p. 108.

(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 525-528.

(³) Dans la décomposition harmonique de Mᵐᵉ Y. Labrouste (*Comptes rendus*, 197, 1933, p. 344-346), la première composante n'est pas, comme les suivantes (en A, B, C) perceptible sur l'enregistrement. Sa période représenterait seulement une valeur moyenne des pseudo-périodes initiales.

(⁴) Compte tenu des incertitudes dans le passage aux amplitudes vraies.

(⁵) *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, 30, 1931, p. 336-350.

quement écartées de la position d'équilibre, puis *restent écartées*. C'est là une circonstance vraisemblable au voisinage immédiat du foyer, mais regrettable à admettre au cours de la propagation (parce qu'elle correspond à un appel continu d'énergie). D'autre part, la théorie de la dispersion fournirait, en traitant la propagation comme rectiligne, un début oscillatoire à *amplitudes décroissantes* [1]. Pour lever le doute, j'ai repris la question en me plaçant à ce dernier point de vue, plus simple et plus général (quoique plus artificiel), mais en partant d'ondes cylindriques.

Une onde de Love cylindrique sinusoïdale est de la forme

$$V(\varpi, t) = J_1(f\varpi)\cos pt + Y_1(f\varpi)\sin pt,$$

V étant le déplacement (tangentiel), $\varpi$ la distance à l'épicentre, que nous supposerons toujours grande. *Nous traiterons alors les ondes comme si elles étaient émises à l'épicentre*. C'est en ceci que réside le caractère un peu artificiel de notre schéma.

$p$ est une fonction de $f$ qui dépend du mécanisme de production des ondes de Love. Nous supposons seulement qu'il y a une limite à la vitesse des ondes de grande longueur, $p$ étant approximativement, pour $f$ petit, de la forme

$$p = c_0 f - c_2 f^3 \qquad (c_0 > 0, c_2 > 0). \tag{1}$$

Écrivons maintenant l'expression d'une onde cylindrique quelconque

$$V(\varpi, t) = \int_0^\infty \psi(f)\,[J_1(f\varpi)\cos pt + Y_1(f\varpi)\sin pt]\,df, \tag{2}$$

$\psi(f)$ pouvant être obtenu par l'intégrale de Fourier-Bessel :

$$\psi(f) = f\int_0^\infty V(\varpi, 0)\,J_1(f\varpi)\,\varpi\,d\varpi.$$

Supposons que le déplacement initial soit nul en dehors d'un cercle de rayon $a$ petit. On aura

$$\psi(f) = f\int_0^a V(\varpi, 0)\,J_1(f\varpi)\,\varpi\,d\varpi = a^3 f^2 \int_0^1 V(a\rho, 0)\left[1 - \frac{a^2 f^2}{8}\rho^2 + \ldots\right]\rho^2\,d\rho.$$

Le terme d'ordre le moins élevé en $a$ contiendra en général $f^2$ en fac-

---

[1] Cf. JEFFREYS, *Operational Methods in Mathematical Physics* (Cambridge Tract, nº 23), 2e édition, Cambridge, § 7, 51, 1931, p. 9294.

teur, en particulier si $V(0,0)$ est fini, ou si $V(\varpi, 0)$ est de la forme $\varpi^m (m > -3$ pour la convergence à l'origine). Nous prendrons donc $\psi(f) = f^2$ pour représenter une perturbation initiale d'étendue infiniment petite, et nous remplacerons $p$, dans (2), par sa valeur approchée (1). L'intégrale ainsi obtenue converge grâce au terme en $f^3$.

$f$ est petit, $\varpi$ est grand; supposons $f\varpi$ assez grand pour qu'on puisse remplacer les fonctions de Bessel par leurs expressions asymptotiques. Autrement dit, écartons l'extrême début. Il vient enfin

$$V(\varpi, t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\,\varpi^{-\frac{1}{2}} \int_0^{\infty} f^{\frac{3}{2}} \cos\left[(\varpi - c_0 t) f + c_2 t f^3 - \frac{3\pi}{4}\right] df$$

ou, en posant

$$\frac{c_0 t - \varpi}{(c_2 t)^{\frac{1}{3}}} = m,$$

$$V(\varpi, t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\,\varpi^{-\frac{1}{2}} (c_2 t)^{-\frac{5}{6}} \int_0^{\infty} \rho^{\frac{3}{2}} \cos\left[\rho^3 - m\rho - \frac{3\pi}{4}\right] d\rho.$$

L'intégrale est analogue à celle d'Airy, *mais correspond à des amplitudes croissantes*, comme le montre sa valeur approchée (pour $m > 0$) par la méthode de phase stationnaire :

$$\int_0^{\infty} \rho^{\frac{3}{2}} \cos\left[\rho^3 - m\rho - \frac{3\pi}{4}\right] d\rho = -\frac{1}{3}\sqrt{\pi}\, m^{\frac{1}{2}} \sin 2\left(\frac{m}{3}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

En particulier, dans le cas d'une couche de Love d'épaisseur H, on sait que $c_0$ est la vitesse $\rho'$ des ondes de distorsion dans le milieu sous-jacent, et l'on trouve pour $c_2$

$$c_2 = \frac{1}{2}\rho' \left[\frac{\mu}{\mu'} H \left(\frac{\rho'^2}{\rho^2} - 1\right)\right]^2,$$

$\rho$ étant la vitesse des ondes de distorsion dans la couche, $\mu$ et $\mu'$ les rigidités. La valeur approchée précédente s'écrit alors, en posant $\tau = t - \varpi/c_0$ et en remplaçant au premier ordre $t$ par $\varpi/c_0$,

$$V = -\frac{2\sqrt{2}}{3} \frac{\mu'^2}{\mu^2} \frac{1}{H^2} \frac{\rho'^{\frac{1}{2}} \rho^4}{(\rho'^2 - \rho^2)^2} \frac{\tau^{\frac{1}{2}}}{\varpi^{\frac{3}{2}}} \sin\left[\frac{2\sqrt{2}}{3\sqrt{3}} \frac{\mu'}{\mu} \frac{1}{H} \frac{\rho'^{\frac{3}{2}} \rho^2}{\rho'^2 - \rho^2} \frac{\tau^{\frac{3}{2}}}{\varpi^{\frac{1}{2}}}\right].$$

*C'est, à un facteur constant près, le résultat de Jeffreys.*

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'hétérogénéité de quelques caractères physiques des cuvettes littorales.* Note de M. **Robert Lami**, présentée par M. L. Mangin.

A partir du moment où elles sont isolées de la mer par le jusant, les cuvettes littorales constituent un milieu indépendant dont les caractères physiques, salinité, température, teneur en oxygène et en matières organiques, concentration en ions H, varient avec une amplitude et une rapidité souvent remarquables. Ces dernières années, plusieurs auteurs, entre autres E. Fischer [1], Davy de Virville et Feldmann [2], ont étudié certaines de ces variations en fonction du temps, mais en considérant le milieu comme homogène dans chaque cuvette.

En fait, ces caractères sont susceptibles d'évoluer différemment dans divers points d'une même cuvette. L'hétérogénéité thermique d'une cuvette est un fait d'observation fréquente pour qui y plonge ses membres. Nous avons précédemment étudié une hétérogénéité saline assez durable se produisant pendant les pluies [3]. D'autres de ces variations, en particulier la teneur en oxygène et la concentration en ions H, sont sous la dépendance des organismes peuplant les cuvettes.

En ce qui concerne la concentration ionique, il est bien connu que par la photosynthèse, les différentes algues alcalinisent différemment l'eau ambiante, par suite, si cette alcalinité produite demandait un certain temps pour diffuser dans le milieu, il y avait lieu de penser que, au même moment, le pH varierait dans le voisinage de telle ou telle espèce et suivant la distance à ces espèces.

Une première série de mesures, assez grossièrement exécutées, faites en 1933 aux environs de Saint-Malo et de Biarritz, nous avait montré le bien-fondé de cette hypothèse. De nouvelles mesures, faites avec une technique précise, en mars dernier, à Saint-Malo, viennent de la confirmer avec certitude.

Ci-après, nous résumons quelques-unes de ces observations, où, en

---

(1) *Ann. Inst. Océanographique*, 5, fasc. 3, 1929, p. 201-429.

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 870-871; Ad. Davy de Virville, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1000-1001,

(3) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1579.

même temps que la mesure du pH, celles de la température et de la teneur en oxygène dissous ont été effectuées.

A. Cuvette de la zone moyenne à fond de gravier. Surface : $3^{m^2}$, profondeur : $0^m,25$. Soleil. Flore : *Scytosiphon Lomentaria* CC, *Polysiphonia Brodiaei* en touffes C, *Phyllitis fascia* AR, Mélobesiées communes sur les bords.

Au centre, en surface : Temp. = 10° C., pH = 8,6, oxygène = $17^{mg},5$ par litre.

Dans une touffe de *P. Brodiaei* : Temp. = 10° C., pH = 9, oxygène = $20^{mg},5$ par litre.

B. Cuvette de la zone supérieure à fond de cailloux, Surface : $2^{m^2},5$, profondeur : $0^m,20$. Temps couvert. Flore peu abondante : *Ascophyllum nodosum* partiellement immergé, *Enteromorpha compressa* localisés sur un bord.

Au centre, en surface : Temp. = 9° C., pH = 8,6.

Dans la touffe d'*Ascophyllum* : Temp. = 9° C., pH = 8,6.

Dans les *Enteromopha* : Temp. = 9° C., pH = 8,9.

C. Petite cuvette de la zone moyenne. Diamètre : $0^m,30$, profondeur $0^m,20$. Fort soleil. Flore : *Scytosiphon* et *Polysiphonia Brodiaei* près de la surface, en dessous Mélobesiées et Corallines.

En surface, dans les *Scytosiphon* : Temp. = 14°,5 C. ; pH = 9,1 ; oxygène = $27^{mg}$ par litre.

Au fond, sous les Corallines : Temp. = 9° C., pH = 8,6, oxygène = $25^{mg}$ par litre.

D. Cuvette à la zone moyenne. Surface : $4^{m^2}$, profondeur variable de $0^m,05$ à $0^m,70$. Soleil. Flore : partie profonde : *Halydris siliquosa* RR, *Bifurcaria tuberculata* CC. *Laminaria saccharina* R ; partie moyenne : Corallines CC et Mélobesiées CC ; partie peu profonde : Corallines et *Monostroma Grevillei* CC.

Parmi les *Bifurcaria* : Temp. = 9° C., pH = 8,6, oxygène = $22^{mg},7$ par litre.

Parmi les Corallines : Temp. = 9°,5 C., pH = 8,6, oxygène = $23^{mg},7$ par litre.

Parmi les *Monostroma* : Temp. = 11° C., pH = 9, oxygène = $26^{mg},5$ par litre.

Ces chiffres montrent bien l'hétérogénéité du milieu cuvette au point de vue de la température, du pH et de la teneur en oxygène. Ces chiffres dépendent de la proximité d'une algue déterminée et l'on peut en déduire que dans le voisinage immédiat de l'algue, soit à la surface même de son thalle, les valeurs ionique et d'oxygène sont encore plus caractérisées. Il y a là, sans doute, un des facteurs propres à expliquer la localisation, quelquefois rigoureuse, de certaines algues épiphytes sur certaines algues supports.

En tout cas, une action réciproque doit s'exercer entre les différents éléments végétaux peuplant une cuvette par l'alcalinisation spécifique que chacun d'eux tend à produire dans ce milieu.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les nuages en bandes*. Note de M. **A. Métral**, présentée par M. Ch. Maurain.

I. Les cirrus se présentent fréquemment sous l'aspect de bandes régulièrement espacées comme les vagues de la mer. Les auteurs, tels Rayleigh, Bénard, Idrac, Sir Gilbert Walker ont toujours rattaché ce phénomène à l'existence de courants de convection locaux dus à des différences de température entre surfaces de niveau isothermiques de l'atmosphère. Les théories émises jusqu'alors conduisent à des tourbillons axés dans la direction de propagation du mouvement.

II. Nous avons pu montrer qu'en l'absence de tout phénomène thermique, il pouvait se former dans l'atmosphère à une certaine altitude des tourbillons axés perpendiculairement à la direction du vent moyen, la zone tourbillonnaire se raccordant sur une surface de niveau atmosphérique avec une zone irrotationnelle caractérisée par un vent pulsatoire, dont la distribution des vitesses perturbées en un point déterminé de l'espace est elliptique. Les caractéristiques de cette ellipse dépendent exclusivement de l'altitude du point envisagé et de la distance des bandes tourbillonnaires. La loi de croissance de l'excentricité et de l'aplatissement semble en accord avec les expériences de F. J. Scrase sur la turbulence atmosphérique.

III. Les mouvements rotationnel et irrotationnel relèvent respectivement des deux fonctions de courant

$$\Psi_1(x, y, t) = 2 \sin \frac{2\pi}{\lambda\sqrt{2}}(x - Ut) \sin \frac{2\pi}{\lambda\sqrt{2}} y,$$

$$\Psi_2(x, y, t) = 2 \sin \frac{2\pi}{\lambda\sqrt{2}}(x - Ut) \operatorname{sh} \frac{2\pi}{\lambda\sqrt{2}} y.$$

la première valable pour $y > 0$ et la seconde pour $y < 0$, la ligne de séparation des deux mouvements étant $y = 0$.

La loi des pressions à l'intérieur du damier tourbillonnaire, donné par les lignes de courant $\Psi_1 = 0$, est

$$\frac{p}{\rho} + \Pi = \frac{2\pi^2}{\lambda^2} \left[ \cos \frac{4\pi}{\lambda\sqrt{2}} x + \cos \frac{4\pi}{\lambda\sqrt{2}} y \right] + \text{const.}$$

($p$ pression, $\rho$ densité, $\Pi$ potentiel des vitesses), ce qui montre que les pres-

sions diminuent depuis la périphérie jusqu'au centre tourbillonnaire, d'où condensation des brumes sur les axes des tourbillons.

La distribution des vitesses perturbées dans la zone irrotationnelle est donnée en un point de cote $y < 0$ par l'ellipse

$$\frac{u^2}{\frac{8\pi^2}{\lambda^2}\operatorname{ch}^2\frac{2\pi}{\lambda\sqrt{2}}y}+\frac{v^2}{\frac{8\pi^2}{\lambda^2}\operatorname{sh}^2\frac{2\pi}{\lambda\sqrt{2}}y}=1,$$

$u$ et $v$ étant les composantes de la vitesse perturbée, U la vitesse moyenne du vent d'ensemble des deux zones ($y > 0$ ou $y < 0$).

IV. Si $y_0$ désigne l'altitude relative du sol par rapport à la base de la zone des nuages en bandes, $d$ la distance de deux axes tourbillonnaires, $\theta$ la période du vecteur vitesse perturbée, V le demi-angle de variation d'inclinaison $a_v$ et $a_h$, les amplitudes des variations verticale et horizontale de la vitesse, les conditions d'existence du mouvement peuvent s'écrire en posant

$$U=\frac{4\pi}{\lambda\sqrt{2}}\operatorname{ch}\frac{2\pi}{\lambda\sqrt{2}}Y,$$

$$Y > y_0, \qquad d=\frac{\lambda}{\sqrt{2}}, \qquad \theta=\frac{\lambda\sqrt{2}}{U},$$

d'où, en définitive,

$$Y > y_0, \qquad \theta . U = 2d, \qquad \operatorname{tang} V=\frac{a_v}{\sqrt{4U^2-a_h^2}},$$

formules qui se prêtent à des vérifications expérimentales simples.

BOTANIQUE. — *Sur la formation des organes de la reproduction sexuelle chez une espèce du genre* Saprolegnia *dans les cultures* in vitro. Note de M. **Bogdan Varitchak**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

A.-J. Chaze a décrit une nouvelle méthode pour obtenir les cultures pures de *Saprolégniées* (1). Dans ce travail il a employé une espèce sur laquelle il s'exprime ainsi : « Nos recherches ont porté sur une espèce de Saprolégniacée recueillie sur un Poisson malade (Vairon). Il ne nous a pas été possible d'obtenir la détermination spécifique de cette forme, car nous n'avons en effet jamais observé d'organes sexuels. La forme en massue

(1) *Bulletin de la Société Mycologique de France*, 47, 1925, p. 256.

allongée des zoosporanges, le mode de libération des zoospores, qui s'échappent isolément du zoosporange, sans former de masse de déhiscence, comme c'est le cas pour le genre *Achlya*, nous permettent toutefois de présumer que nous avons cultivé une espèce du genre *Saprolegnia* ».

La souche en question a été utilisée dans plusieurs recherches récentes, sans qu'une détermination plus précise soit intervenue : nos observations sont destinées à combler cette lacune.

Nous avons cultivé cette espèce qui nous a été fournie de Hollande grâce à l'obligeance de M^me^ Westerdijk.

A la suite de nos expériences nous avons constaté qu'on peut facilement obtenir les organes de la reproduction sexuelle de cette espèce si l'on prend certaines précautions. En réalité on peut les obtenir au bout de 10-14 jours si l'on expose les cultures de ce Champignon à l'influence d'une température basse (8°-10° C.). Les cultures ont été faites dans des boîtes de Petri ($10^{cm}$) où le jus de carotte gélosé (2 pour 100) a servi comme milieu nutritif. Ce milieu ne doit pas dépasser $2^{mm}$ d'épaisseur, autrement la formation de ces organes est retardée. Parfois la température est tombée pendant la nuit jusqu'à 6° C.; ce fait paraît être seulement favorable pour la formation de ces organes. Finalement, nous remarquons qu'il est utile de laisser les cultures pendant 2 ou 3 jours à la température de 20° C., avant de les exposer à l'influence de la température basse.

Le jus de carotte doit être ainsi préparé. On lave soigneusement $1^{kg}$ de carottes, on les découpe en petits morceaux et on les fait bouillir avec $1^{l},5$ d'eau de robinet pendant vingt minutes. On prend $250^{cm^3}$ de jus ainsi obtenu et l'on ajoute $750^{cm^3}$ d'eau de robinet. Ce liquide *doit être légèrement acide* (pH = 6,8).

Le repiquagea a été pratiqué de la manière suivante : on prélève, avec un scalpel stérilisé, dans une culture bien développée, un carré ($0^{cm^2},25$) de gélose avec le mycélium et l'on ensemence une nouvelle culture. De cette manière on repique toujours à peu près la même quantité de ce Champignon.

D'une manière générale on peut dire que la formation des organes de la reproduction sexuelle dans nos cultures dépend :

1° de la composition du milieu nutritif et de sa concentration quantitative;

2° du pH;

3° de la température.

Ces facteurs variables peuvent se combiner et nous avons cherché pré-

cisément une solution qui permettra à ce Champignon le développement d'organes de la reproduction sexuelle. Les indications que nous avons données permettent la réalisation des conditions optimales pour le développement de ces organes parce qu'on trouve toujours alors les oogones et les anthéridies.

D'après la morphologie des organes de la reproduction sexuelle, que nous avons obtenus dans nos cultures, nous croyons que ce Champignon n'est autre que *Saprolegnia dioica* De Bary. Il se comporte dans les cultures autrement que *S. parasitica* reçu aussi de Hollande.

BOTANIQUE. — *Sur les réactions sexuelles entre Ascomycètes d'espèces différentes.* Note de M. **Fernand Moreau** et M^lle **C. Moruzi**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

On sait [1] que le *Neurospora sitophila* Shear et Dodge, aux asques octosporés, aux ascospores originairement uninucléées, est un Ascomycète hétérothallique; au contraire, le *N. tetrasperma* Sh. et D., aux asques tétrasporés, aux ascospores primitivement binucléées, est homothallique; mais il est possible, à partir de spores de petite taille, primitivement uninucléées, formées des asques du *N. tetrasperma* ayant produit accidentellement plus de quatre spores, d'obtenir des mycéliums unisexués, des races hétérothalliques, des haplontes, de cette dernière espèce.

C'est une de ces souches du *N. tetrasperma*, qui porte dans notre collection le n° 224, que nous avons confrontée avec de nombreuses souches hétérothalliques (unisexuées) de *N. sitophila*.

*N. tetrasperma* souche 224 végète assez pauvrement sur le moût de maïs gélosé sur lequel beaucoup de *Neurospora* mènent une vie prospère; il y forme un mycélium aérien peu abondant et de très nombreux sclérotes de petite taille, de $50^{\mu}$ de diamètre environ, de couleur pâle; il en produit en outre d'autres, plus gros, atteignant $150^{\mu}$ de diamètre, plus foncés, et souvent groupés en petits paquets qui font à la surface des cultures autant de mouchetures; exceptionnellement, il forme des sclérotes plus gros que les précédents ($250^{\mu}$), isolés. Il ne produit jamais de périthèces pourvus d'ascospores, mais la production de sclérotes qui, chez les *Neurospora*, ont la

(1) C. L. Shear et B. O. D., *Journ. of agric. Research*, 34, 1927, p. 1019-1042.

valeur de périthèces arrêtés dans leur développement [1], de périthèces immatures, indique que, malgré son caractère hétérothallique, cette souche a une tendance marquée à former des périthèces.

En culture mixte avec des souches diverses de *N. sitophila*, le *N. tetrasperma* souche 224 produit souvent des sclérotes, de couleur noire, de grande taille (500$^{\mu}$ et même 620$^{\mu}$ de diamètre), et ressemblant par ces caractères à des périthèces.

De tels sclérotes volumineux, indices d'une réaction sexuelle accusée, bien qu'imparfaite, entre les souches rapprochées qui les présentent, se forment quand on cultive ensemble d'une part la souche 224 et d'autre part l'une de nos souches suivantes du *N. sitophila* : 6, 13, 17, 44, 60, 86, 164, 194, 196, 197, 200, 204, 205, 206, 211, 214. Au contraire, la confrontation de la souche 224 et de l'une de nos souches 16, 18, 47, 64, 68, 137, 166, 168, 169, 170, 171, 172, 177, 181, 195, 198, 202, 209, 211, du *N. sitophila* demeure sans résultats.

Or ces deux groupes de souches du *N. sitophila* sont de signe différent : si, pour en définir le sexe (blakesléen), on les confronte avec nos souches 17 et 18, de signe opposé, les premières, qui donnent lieu à la production de périthèces quand on les met en présence de la souche 18, n'en montrent pas en présence de la souche 17; elles sont du signe de cette dernière; inversement, les secondes sont du signe de notre souche 18.

Le *N. tetrasperma* souche 224 se comporte donc vis-à-vis des souches précédentes du *N. sitophila* comme s'il était du signe de notre souche 18 avec cette particularité que les réactions qu'il offre avec les souches du signe de la souche 17 sont des réactions sexuelles imparfaites, qui ne vont pas jusqu'à la formation de périthèces.

Ces réactions sont plus ou moins accusées, les sclérotes formées pouvant, dans le cas de certaines souches, montrer des ébauches d'ostiole et même l'indication d'un bec; il s'en faut de peu qu'ils ne deviennent de véritables périthèces.

Ce stade ultime a été atteint par un tout petit nombre de sclérotes dans plusieurs de nos cultures où nous avions réuni la souche 224 du *N. tetrasperma* et une souche américaine du *N. sitophila*, désignée sous le nom de souche A. Celle-ci, à des exceptions près que nous avons rapportées ailleurs [2], relève du sexe de notre souche 17. La souche 224 du *N. tetra-*

---

[1] M<sup></sup>lle C. MORUZI, *Th. Sciences*, 1932, p. 54, et *Rev. gén. Bot.*, 44, 1932, p. 217.
[2] *C. R. Soc. Biol.*, 111, 1932, p. 838.

*sperma* et la souche A du *N. sitophila* mises en présence forment des sclérotes volumineux. C'est parmi ces derniers qu'il nous est arrivé de trouver un petit nombre de vrais périthèces; dans certains de ceux-ci, les asques se forment, mais dégénèrent avant de produire des spores; chez d'autres, beaucoup d'asques renferment des spores géantes; beaucoup ont aussi des spores au nombre de 8 et réalisent le type ordinaire du *N. sitophila*. L'examen de la descendance de ces ascospores se poursuit.

Dès maintenant, les faits qui se dégagent de cette étude sont les suivants :

Il est possible de provoquer chez une espèce de *Neurospora*, au moyen d'un *Neurospora* d'espèce différente, des réactions sexuelles généralement imparfaites se traduisant par la formation de sclérotes volumineux; ceux-ci montrent une tendance plus ou moins marquée selon les souches en présence à se développer dans le sens de la formation des périthèces, stade ultime qu'ils atteignent exceptionnellement. Dans leurs relations interspécifiques, les *Neurospora* obéissent à des règles qui sont calquées sur celles de la sexualité bipolaire.

Par suite, on peut comparer dans certains cas au point de vue de leur sexe deux mycéliums appartenant à deux espèces différentes d'Ascomycètes; nous possédons pour cette comparaison un criterium équivalent à celui que fournissent les « hybrides imparfaits » de Blakeslee ([1]) chez les Mucorinées.

Ces faits ouvrent un nouveau chapitre de l'histoire de l'hétérothallisme chez les Ascomycètes.

HISTOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Détection histochimique du fer et du zinc dans les feuilles de* Citrus. Note ([2]) de MM. **H. S. Reed**, et **J. Dufrenoy**, présentée par M. L. Mangin.

Au cours de ces dernières années, le zinc a permis de traiter avec succès, en Californie, les *Citrus* affectés de *Mottle leaf*. Cette maladie, dont le nom anglais exprime le caractère le plus évident, celui d'une marbrure des feuilles, due à la non-formation de chlorophylle dans le limbe foliaire entre les nervures, provoque le mécanisme foliaire et réduit la récolte en fruits.

---

([1]) *Proc. Am. Ac. of Arts and Sc.*, 40, 1904, p. 205-319.
([2]) Séance du 3 janvier 1934.

Physiologiquement, elle peut être interprétée comme un déséquilibre du potentiel d'oxydoréduction, ayant pour conséquence une accumulation de nitrites dans les feuilles.

Histologiquement, elle se caractérise par la non-différenciation du parenchyme palissadique et par une nécrose du liber des faisceaux vasculaires des nervures, concomitante d'une inhibition du transport de l'amidon.

Dès 1865, Risse avait fait connaître la faculté qu'ont des plantes végétant sur des sols riches en zinc d'accumuler de grandes quantités de ce métal dans leurs cendres.

Nous nous sommes proposés de localiser cytologiquement le zinc dans les tissus des feuilles ayant acquis une taille normale et une couleur verte uniforme sur les arbres qui, ayant montré de graves symptômes de *Mottle leaf* ont bénéficié d'application de sulfate de zinc, incorporé au sol au niveau des racines.

Des feuilles, les unes affectées de *Mottle leaf* (récoltées sur des arbres n'ayant pas reçu de zinc) les autres, vertes, recueillies sur des arbres dont les racines avaient reçu 20 mois auparavant une application de $10^{kg}$ de sulfate de zinc ont été fixées par un mélange d'alcool à 95 pour 100 et de formol, puis coupées dans la parafine, à une épaisseur de 6 μ.

Les coupes ont été soumises à la microincinération selon la technique de Policard.

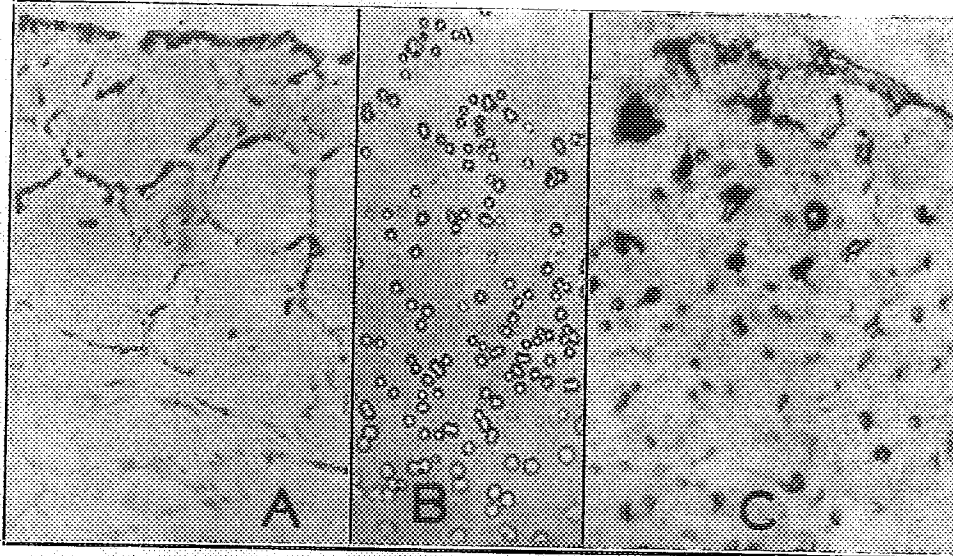
Les cendres conservent suffisamment la structure histologique des feuilles pour permettre de reconnaître, dans les coupes de feuilles affectées de *Mottle leaf*, les cellules isodiamétriques qui représentent le parenchyme palissadique indifférencié; la réaction du bleu de Prusse, obtenue sur cendres des plastres autour de l'emplacement des grains d'amidon, confirme que du fer existe même dans les plastres déficients en chlorophylle des feuilles affectées de mottle leaf.

Par contre, le traitement des cendres par le nitroprussiate de soude, selon une modification de la technique de Bradley, révèle une grande différence entre les cendres des deux séries de coupes. Des cristaux, identiques aux cristaux de nitroprussiate de zinc figurés sur la photomicrographie (B) se forment à la périphérie des cellules palissadiques et sont particulièrement abondants au niveau de chaque vacuole entourant un cristal d'oxalate de calcium dans les cendres des coupes de feuilles de *Citrus* dont les racines ont végété pendant 20 mois dans un sol enrichi en zinc.

La photomicrographie montre l'absence de ces cristaux de nitroprussiate

de zinc dans les cendres des feuilles affectées de *Mottle leaf*, récoltées sur des *Citrus* n'ayant pas reçu d'application de zinc.

Les heureux effets pour les *Citrus* de l'incorporation de zinc au sol sont




donc concomitants d'une absorption du zinc, dont la localisation cytologique, dans les cellules foliaires, est évidente après microincinération.

Le zinc, que Giroud et Bulliard ont récemment montré avoir une action spécifique sur les groupements SH, pourrait donc dans les cellules vertes, jouer un rôle dans l'équilibre d'oxydoréduction.

Les feuilles qui reçoivent du zinc, non plus par l'intermédiaire des racines, mais directement sous forme de solution appliquée à leur surface, accumulent le zinc en quantité considérable, presque exclusivement dans le parenchyme palissadique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Conditions physicochimiques de formation des vacuoles amylogènes dans les plastes.* Note de M. A. **Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

La formation de l'amidon, dans un plaste, résulte toujours de l'apparition de vacuoles amylogènes en nombre variable, qui vont ensuite en s'accroissant progressivement; je voudrais examiner ici le mécanisme de la production même de ces vacuoles.

Si l'on dispose, sur du buvard humide, des axes embryonnaires prélevés sur des graines de haricot qui viennent d'arriver à dessiccation, il se produit dans les cellules une réaction amylogène pluriloculaire. Celle-ci affecte exclusivement les plastes amylifères, et en aucune façon les plastes non amylifères, de même origine, résultant de l'hydrolyse antérieure dans la graine mûrissante. Cette différence ne peut s'expliquer que par ce fait, que l'écorce des plastes amylifères possédant une vacuole interne amylacée imprégnée d'eau, se trouve dans des conditions d'imbibition nettement plus favorables, que celle des plastes amylifères qui en sont dépourvus, et cette interprétation est confirmée par le fait bien connu, que les plastes verts des algues, qui possèdent des enclaves imbibées d'eau correspondant aux pyrénoïdes, produisent également dans la région plastidale, qui entoure immédiatement ces enclaves, une couronne de grains d'amidon. Cette conception s'accorde aussi avec ce fait que la réaction amylogène pluriloculaire en calotte se fait toujours chez les plastes sur la face où l'écorce plastidale est la plus épaisse, ce qui conduit à attribuer à cette partie un état physicochimique différent qui s'explique fort bien par une imbibition plus forte, et avec l'accroissement en volume, parfois considérable, de cette calotte plastidale, qui précède certaines réactions pluriloculaires.

Si l'on admet, comme l'ensemble des faits précédents le suggère fortement, le rôle important de l'imbibition dans l'apparition des vacuoles amylogènes, et si l'on considère, comme je l'ai déjà signalé, que la réaction pluriloculaire va en s'intensifiant considérablement au cours de la dessiccation de la graine fraîche et pendant les premier mois dans la graine sèche, pouvant passer progressivement de calottes d'une assise de quelques loges à des calottes de plusieurs assises superposées, formant une sorte de tissu amylifère finement cloisonné, qui coiffe ou englobe complètement le plaste, on arrive à cette conclusion que l'action de la dessiccation a pour effet d'accroître de plus en plus, avec le temps, le pouvoir imbibitif de la substance plastidale.

Il est à remarquer que l'hydrolyse provoque, bien que d'une manière moins intense, les mêmes effets que la dessiccation, comme le montre la production de la réaction loculaire et son accentuation, au cours de la digestion de l'amidon dans les axes embryonnaires et les cotylédons frais de Haricot et dans les tubercules de Pomme de terre.

Cette notion de l'importance de l'état imbibitif pour la formation de vacuoles amylogènes s'applique évidemment à la réaction uniloculaire, cas limite de la réaction pluriloculaire, et s'accorde sur ce point parfaitement

avec les observations de Guilliermond sur la Pomme de terre et d'Emberger sur le Lis blanc, montrant que l'apparition de la vacuole amylogène est précédée d'un gonflement du plaste. Si l'on remarque, d'autre part, que la production de la ou des vacuoles amylogènes, exige forcément la prédominance du catalyseur sur l'amylase dans le stroma plastidal, on peut dès lors concevoir que lorsqu'on augmente la concentration du sucre dans une cellule, où son taux est inférieur au seuil de condensation, et dont l'imbibition des plastes est suffisante, la densité du sucre et du catalyseur augmentant dans le stroma plastidal, il arrive un moment où l'état d'équilibre monophasique, que ces corps réalisent avec les micelles du plaste, est rompu pour faire place à un état d'équilibre diphasique, où le sucre et le catalyseur se séparent en une ou plusieurs très fines gouttelettes, qui forment autant de vacuoles amylogènes naissantes. Les phénomènes se passent de la même manière dans une cellule en hydrolyse où l'accroissement d'imbibition des plastes, résultant de cet état physiologique, détermine, sans doute par suite d'une pénétration plus active du procatalyseur, une production plus forte de catalyseur dans le stroma (comme le montre dans les axes embryonnaires de Haricot l'arrêt de digestion du grain primitif qui accompagne la réaction pluriloculaire) et un appel de sucre plus intense dans ce dernier (comme le montre le dépôt très serré de gouttelettes amylacées infiniment petites dans certains plastes à réaction pluriloculaire qui témoigne d'une imprégnation intense du stroma par le sucre).

J'ai d'autre part indiqué plus haut que la pluriloculárité de la réaction amylogène est d'autant plus forte que l'imbibition est plus accusée. Or j'ai montré antérieurement que dans une même cellule, les réactions uni- ou pluriloculaires correspondant à des taux de sucre différents, le taux le plus élevé déterminant l'uniloculárité. On peut en conclure que les fortes concentrations de sucre déterminent, par rapport aux concentrations faibles, un abaissement de l'imbibition du plaste, diminution qui peut empêcher, à partir d'un certain taux, la réaction pluriloculaire de se manifester, et ne permettre que la réaction uniloculaire.

J'ai signalé antérieurement l'hétérogénéité physicochimique des plastes filamenteux et des plastes amylifères à calotte. Si les observations précédentes ne permettent pas de préciser l'origine de cette hétérogénéité, elles mettent cependant en évidence ce fait, que l'un des signes par lesquels elle se manifeste, réside dans une différence d'état imbibitif des parties correspondantes du stroma plastidal, avec toutes les conséquences qui en résultent au point de vue de la pénétration du sucre et de la production de catalyse à son intérieur.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle de l'équilibre alimentaire dans l'utilisation de l'huile de ricin par l'organisme.* Note de MM. **Raoul Lecoq** et **Jean Savare**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous a montré que certaines substances, dont les propriétés alimentaires ne sauraient être mises en doute, pouvaient très bien, dans certaines conditions, devenir des causes de déséquilibre nutritif (1). Il en est ainsi, notamment, de la peptone d'ovalbumine et du lactose. Ces substances, introduites en fortes proportions dans le régime du pigeon, entraînent, en effet, l'apparition plus ou moins rapide de crises polynévritiques, bientôt suivies de mort, malgré l'adjonction quotidienne à la ration de doses élevées de vitamines B. Bien entendu, le lactose et la peptone d'ovalbumine incorporés dans des régimes mieux équilibrés se montrent parfaitement utilisés par l'organisme du pigeon.

Parallèlement, nous avons montré que l'huile de ricin incorporée dans le régime du pigeon se comporte assez différemment des autres huiles et qu'elle provoque, au taux de 50 pour 100, un déséquilibre alimentaire manifeste (2). Ce fait nous paraît en rapport avec les propriétés thérapeutiques de l'huile. Cependant, nous appuyant sur les considérations précédentes, nous avons pensé qu'il devait être possible, au moyen de rations adéquates, de rendre l'huile de ricin utilisable par l'organisme animal au même titre que les autres huiles.

Dans ce but, nous avons incorporé l'huile de ricin dans les rations I, II, III, dont nous reproduisons ci-après la composition centésimale, toutes rations à base de peptone de muscle et dépourvues de glucides, l'équilibre devant être rétabli dans les conditions mêmes qui permirent de mettre en évidence le déséquilibre. Les vitamines B, sous forme de levure de bière, étaient ajoutées à part.

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| Peptone de muscle | 25 | 50 | 59 |
| Huile de ricin | 50 | 25 | 22 |
| Graisse de beurre | 4 | 4 | 4 |
| Mélange salin | 6 | 6 | 5 |
| Agar-agar | 8 | 10 | 8 |
| Papier-filtre | 2 | 2 | 2 |
| Paraffine | 5 | 3 | 0 |

(1) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1269.
(2) R. Lecoq et J. Savare, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1693.

Trois lots de pigeons adultes, de 350g environ, devant recevoir ces trois régimes, furent alors constitués et divisés en quatre séries : les deux premières reçurent, chaque jour et par gavage, respectivement 15 et 20g de ration, sans addition de levure, les deux dernières reçurent les mêmes quantités de ration et un supplément respectif de 0g,75 et 1g de levure de bière desséchée, source éprouvée de vitamines B.

La substitution de l'huile d'olive à l'huile de ricin, dans les trois régimes précédents, permet, lorsque ces régimes sont dûment complétés par l'addition de levure de bière, des survies pratiquement indéfinies ; et la dose quotidienne de 15g se montre énergétiquement satisfaisante.

Les résultats obtenus avec les régimes à base d'huile de ricin sont brièvement résumés dans le tableau ci-après, où la durée des survies des animaux est exprimée en jours ou en mois :

| | Régime I. | Régime II. | Régime III. |
|---|---|---|---|
| 1re série : 15g ration (sans levure)...... | 20-35 j. | 20-35 j. | 20-35 j. |
| 2e série : 20g ration (sans levure)...... | 15-35 j. | 17-30 j. | 17-30 j. |
| 3e série : 15g ration + 0g,75 levure...... | 20-35 j. | 35-60 j. | > 4 mois |
| 4e série : 20g ration + 1g levure...... | 15-25 j. | 35-60 j. | > 4 mois |

Avec le régime I, le déséquilibre de la ration est manifeste, tous les pigeons meurent rapidement en crises polynévritiques, quelle que soit la quantité d'aliments ingérée et qu'il y ait ou non addition de vitamines B. Même, des doses quotidiennes de 3 et 4g de levure de bière se sont révélées tout à fait inefficaces.

Avec le régime II, une amélioration sensible des survies des animaux est déjà obtenue sous l'action de la levure ; cependant l'équilibre de la ration n'apparaît pas entièrement réalisé.

Avec le régime III, l'addition de levure empêche, au delà de 4 mois, toutes manifestations polynévritiques et 15g de ration (aussi bien que 20g) assurent un bon état des animaux. Les mêmes doses de levure permettent d'ailleurs la guérison des pigeons des première et deuxième séries, traités aussitôt qu'apparaissent les accidents typiques de l'avitaminose B. L'équilibre de la ration se montre donc satisfaisant.

*Conclusions.* — I. Introduite en forte proportion dans une ration, l'huile de ricin est une cause manifeste de déséquilibre alimentaire.

II. Ce déséquilibre n'est pas dû à l'apport de substances drastiques ou toxiques, car l'huile de ricin peut être utilisée par l'organisme animal au même titre que les autres huiles, quand les constituants de la ration présentent entre eux des rapports satisfaisants.

III. L'action purgative de l'huile de ricin, de même que la manifestation expérimentale du déséquilibre alimentaire que celle-ci provoque, disparaissant quand l'huile est introduite en proportion convenable dans une ration bien équilibrée [1], il est probable que l'une et l'autre action sont attribuables aux lipides propres de l'huile de ricin, lesquels sont, comme on sait, essentiellement caractérisées par leur solubilité dans l'alcool et la présence de ricinoléide.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'obtention du sucre protéidique.* Note de M. **H. Bierry**, présentée par M. A. Desgrez.

Les protides du plasma sanguin des divers animaux (Mammifères, Oiseaux, Batraciens, Poissons, Mollusques) renferment un groupement prosthétique hydrocarboné : le sucre protéidique.

La copule glucidique peut être mise en évidence par clivage de ces albumines (isolées et purifiées), soit par les acides, soit par les alcalis dilués. Le clivage par les acides conduit directement à la mise en liberté des oses constituants, le clivage par les alcalis à l'obtention d'amino-polyholosides, non réducteurs, donnant, après hydrolyse acide, du *d*-mannose [2] [obtenu à l'état cristallisé [3]], du *d*-galactose [4], de la *d*-glucosamine.

Sans entrer dans les détails, je vais décrire un des modes opératoires utilisés pour l'obtention du complexe qui renferme la copule glucidique. Je ne peux, cette fois, envisager avec détails la nature de ce complexe.

Les protides du plasma sanguin (fluoré à 2 pour 1000) sont isolés et délipidés (acétone, puis alcool à 92° et 96°), dissous dans une solution de KOH (N ou N/3 suivant les espèces animales), puis portés une demi-heure à l'autoclave à 120°. Après refroidissement, la liqueur sérique est centrifugée, puis additionnée de huit volumes d'alcool éthylique à 96°. On laisse déposer, au frais; il se sépare une masse sirupeuse ou un précipité qui renferme le complexe.

Le précipité est isolé de la liqueur alcoolique, puis dissous dans l'eau. A la solution on ajoute de l'alcool éthylique à 96° jusqu'à cessation de floculation. Cette manœuvre :

---

[1] Rappelons, à ce sujet, que les habitants de certaines contrées chinoises consomment couramment l'huile de ricin aux repas.

[2] *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1928, p. 1839.

[3] *C. R. Soc. Biol.*, 101, 1929, p. 21, et *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 404.

[4] *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1381.

dissolution et précipitation, est renouvelée dix fois. La solution finale est amenée à pH = 6,5 avec $SO^4H^2$ dilué, puis soumise à une précipitation par l'alcool méthylique anhydre. On réalise encore un certain nombre de dissolutions, puis de précipitations successives.

Le précipité final est dissous dans l'eau.

La solution est additionnée de baryte (3 vol. de solution de $Ba(OH)^2$ à 10 pour 100 pour 1 vol. de solution), puis portée deux fois, pendant 30 minutes, à l'autoclave à 120°. Après refroidissement, on centrifuge le mélange; au liquide on ajoute $SO^4H^2$ à 25 pour 100 jusqu'à réaction légèrement acide au tournesol.

Dans la liqueur, débarrassée de $SO^4Ba$, on verse successivement de l'extrait de saturne, puis, par petites portions et en agitant, la quantité de baryte juste nécessaire. Le composé glucide-plomb est recueilli sur un filtre, délayé dans l'eau et dissous grâce à l'addition d'acide acétique à 30 pour 100. La même opération : précipitation par le plomb et le baryte, et, dissolution par l'acide acétique, est répétée quatre fois.

Le complexe, obtenu après une dernière addition de plomb et de baryte, est lavé, mis en suspension dans l'eau, et traité à 70°, par $CO^2$. Au liquide, séparé par centrifugation, on ajoute un léger excès d'une solution de sulfate mercurique à 15 pour 100 (dans $SO^4H^2$ à 7 pour 100), pour entraîner les composés azotés. Après contact de plusieurs jours, le mélange est centrifugé; dans la liqueur, le Pb et le Hg sont enlevés par $H^2S$, et $SO^4H^2$ par $Ba(OH)^2$, Après filtration le liquide est concentré, dans le vide, en milieu légèrement acide. On élimine, ensuite, complètement, l'ion Ba de la solution qui est évaporée, à basse température, à l'état sirupeux. Le sirop est additionné d'alcool méthylique sec et d'éther anhydre; le complexe se dépose. Après un grand nombre de dissolutions et de précipitations successives, le corps isolé est laissé en contact avec l'alcool méthylique et l'éther secs, puis abandonné pendant plusieurs jours dans l'éther anhydre, et enfin desséché dans le vide.

Les analyses élémentaires ont montré que la teneur en carbone et en azote ne variait plus après un certain nombre de purifications, et que la teneur en glucides demeurait également constante. Les échantillons analysés contenaient 3 pour 100 d'azote et de 0,3 à 1 pour 100 de cendres.

Le complexe renfermant l'aminopolyholoside (il s'agit cette fois seulement du complexe isolé du plasma artériel du cheval) se présente sous l'aspect d'un corps blanc, amorphe, très soluble dans l'eau. Il commence à se décomposer vers 195° sans présenter de fusion nette; il ne réduit la liqueur cupropotassique qu'après hydrolyse acide.

Pouvoir rotatoire : $[\alpha]_D^{18} = -4°,5$ en solution aqueuse à 3 pour 100.

Ce complexe fournit une réaction de Molisch ($\alpha$-naphtol) intense, il donne avec l'orcine et HCl dilué (mode G. Bertrand) une faible coloration mauve, et, avec le réactif de Bial, une magnifique coloration pourpre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse de la cellulose par* l'Acetobacter xylinum *à partir de polyalcools en* $C^3$, $C^4$, $C^5$, $C^6$ *et* $C^7$. Note de Mme **Yvonne Khouvine**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons étudié (1) la synthèse de la cellulose par l'*Acetobacter xylinum* (Bactérie du sorbose) à partir de la mannite et de la sorbite.

Continuant cette étude, nous avons fait de nouvelles cultures avec le glycérol, l'érythrite, l'arabite, la dulcite, l'α-glucoheptite, et nous en avons refait avec la mannite et la sorbite pour que tous nos essais soient comparables.

Ayant observé que la tension de l'oxygène était assez basse à la fin des cultures, nous n'avons, cette fois, mis que 3g d'alcool et 100cm³ d'eau de levure dans nos flacons de 5l environ. A part cela, nous nous sommes placée dans les conditions de nos premiers essais, faisant, avec les mêmes techniques, les mêmes dosages.

Les chiffres que nous donnons ci-dessous se rapportent à des cultures de 11 à 45 jours. Nous exprimons le pouvoir réducteur de l'arabinulose en arabinose, ceux de l'érythrulose et du sucre que donne la dulcite en glucose.

| | | $O^2$ restant. | $CO^2$. | Sucre. | Membrane brute. | pH. | Acide. | Alcool. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | °/o | mg | mg | mg | | mg | mg |
| Glycérol.. | 25 jours | 12,97 | 256 | 2601 | 119 | 3,6 | 94 | 40 |
| Érythrite. | 10 » | 16,91 | 76 | 1215 | 32 | – | 91 | 15 |
| » . | 21 » | 15,45 | 78 | 1632 | 38 | – | – | – |
| Arabite... | 21 » | 18,30 | 202 | 450 | 59 | – | – | traces |
| » ... | 45 » | 18,57 | 215 | 335 | 33 | 6,1 | 20 | traces |
| Mannite... | 21 » | 5,65 | 1188 | 1570 | 243 | 4,0 | 60 | – |
| Sorbite... | 21 » | 14,87 | 328 | 2376 | 97 | 6,9 | 10 | traces |
| Dulcite... | 19 » | 18,82 | 158 | 288 | 29 | 5,1 | 48 | – |
| » ... | 45 » | 17,00 | 294 | 446 | 34 | 5,1 | 51 | – |
| Heptite... | 11 » | 15,43 | 272 | 3024 | 108 | 7,1 | 17 | traces |
| » ... | 15 » | 15,00 | 331 | 3024 | 74 | 7,0 | 11 | traces |
| » ... | 21 » | 15,10 | 298 | 2974 | 94 | 6,9 | 10 | traces |

Exprimés en alcools transformés ces chiffres donnent :

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1144.

| | | $CO^2$. | Sucre. | Cellulose. | Acide. | Total. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Glycérol........ | 25 jours | mg 178 | mg 2658 | mg 121 | mg 139 | mg 3096 |
| Érythrite........ | 10 » | 41 | 1235 | 21 | – | 1297 |
| » ........ | 21 » | 59 | 1658 | 25 | – | 1742 |
| Arabite......... | 21 » | 100 | 456 | 99 | – | 645 |
| » ......... | 45 » | 125 | 336 | 56 | – | 517 |
| Mannite......... | 21 » | 819 | 1580 | 243 | 60 | 2702 |
| Sorbite.......... | 21 » | 226 | 2402 | 97 | 10 | 2735 |
| Dulcite......... | 19 » | 113 | 290 | 28 | 48 | 479 |
| » ......... | 45 » | 204 | 451 | 34 | 51 | 740 |
| Heptite......... | 11 » | 162 | 3053 | 125 | – | 3340 |
| » ......... | 15 » | 220 | 3053 | 88 | 10 | 3371 |
| » ......... | 21 » | 298 | 3000 | 111 | 15 | 3424 |

si nous écrivons des équations analogues à celles que nous avons données pour la mannite et pour la sorbite dans la Note citée plus haut (¹).

Les bilans de carbone s'établissent ainsi, pour les cultures sur érythrite, arabite, dulcite et α-glucoheptite :

| | | $CO^2$. | Poids sec. | Membrane. | Acide. | Alcool. | Carbone total retrouvé. | Carbone total du témoin. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Érythrite........ | 10 jours | mg 21 | mg 1421 | mg 36 | mg 20 | mg 14 | 1511 | 1566 |
| Arabite......... | 45 » | 58 | 1236 | 29 | – | – | 1323 | 1398 |
| Dulcite.......... | 45 » | 80 | 1176 | 15 | 19 | 10 | 1300 | 1376 |
| Heptite......... | 11 » | 74 | 1344 | 48 | – | – | 1466 | 1388 |
| » ......... | 15 » | 90 | 1344 | 33 | 4 | – | 1471 | 1388 |
| » ......... | 21 » | 81 | 1265 | 42 | 4 | – | 1494 | 1375 |

Tous ces chiffres nous permettent de dire que :

1° le pourcentage d'oxygène qui reste à la fin des cultures est au moins de 15 pour 100, sauf pour le glycérol où il est de 13 pour 100 et pour la mannite où il n'est plus que de 5,65 pour 100. A part cette dernière, nos cultures sont toujours restées dans des conditions voisines de l'aérobiose;

2° on retrouve le carbone mis en œuvre à ± 5 pour 100 près environ;

3° l'α-glucoheptite disparaît entièrement, la mannite et la sorbite presque entièrement aussi, mais il n'y a guère plus de 60 pour 100 de glycérol, 50 pour 100 d'érythrite, 20 pour 100 d'arabite et de dulcite qui soient transformés;

---

(¹) Les calculs seront donnés dans une autre publication.

4° l'*Acetobacter xylinum* brûle d'une façon banale plus de mannite que de sorbite ou d'heptite, plus de sorbite que de glycérol ou d'arabite, plus d'arabite que d'érythrite.

Dans les conditions où nous nous sommes placée, qui ne sont pas celles, très aérobies, de G. Bertrand (¹), on voit que c'est avec la mannite et avec le glycérol que la bactérie synthétise le plus de cellulose. Elle en synthétise à peu près autant avec la sorbite qu'avec l'α-glucoheptite et c'est avec cette dernière que le rendement en cétose est le meilleur. A lui seul, ce cétose représenterait tout l'alcool mis en culture. Il est probable que l'*Acetobacter xylinum* ne donne pas seulement du glucoheptulose, mais scinde en partie la molécule de l'heptite pour donner des sucres plus réducteurs et de poids moléculaires moins élevés que l'α-glucoheptulose.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence accidentelle d'acroléine dans les eaux-de-vie de cidre et de poiré; sa formation aux dépens du glycérol.* Note de MM. **G. Warcollier, Aug. Le Moal** et **J. Tavernier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Deux d'entre nous (²) ont signalé la présence d'acroléine dans des eaux-de vie de cidre et de poiré et dans les cidres et poirés ayant fourni ces eaux-de-vie. La caractérisation de l'acroléine a été obtenue par des réactions variées et spécifiques qui permettent d'identifier cet aldéhyde et même de le doser par comparaison avec des témoins de teneur connue en acroléine.

Récemment nous avons vu que pour caractériser rapidement l'acroléine dans une eau-de-vie on peut utiliser une autre réaction. L'acroléine réduit énergiquement le réactif de Nessler avec formation d'un précipité noir; le sel mercurique est réduit à l'état de mercure métallique.

Tous les cidres renfermant de l'acroléine et donnant à la distillation des eaux-de-vie très piquantes, momentanément inconsommables, renferment dans leurs lies un microbe en forme de bâtonnet mis en évidence par des examens microscopiques des dépôts.

Nous avons utilisé pour les isolements, soit le bouillon de haricots glucosé gélosé, soit l'eau de levure glucosée gélatinée. Le bacille se développe bien

(¹) *Ann. Chim. Phys.*, 8ᵉ série, 31, 1904, p. 181.
(²) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1394.

dans les deux milieux en utilisant la méthode par piquage en profondeur ou la coulée du bouillon liquéfié dans des boîtes de Petri. Les colonies sont assez longues à pousser et se développent après celles de la levure de cidre et de la bactérie acétique. Elles se présentent sous la forme de petites sphères blanches, atteignant la grosseur d'une tête d'épingle après une quinzaine de jours de culture.

Sous le microscope, le bacille présente la forme d'un bâtonnet de $0^{\mu},75$ de largeur; sa longueur varie de 2 à $8^{\mu}$ suivant l'âge. Sa forme n'est pas très régulière, certains sujets étant plus ou moins arqués et d'autres présentant la forme d'une ligne brisée à angles obtus. Au début de sa croissance il présente une grande mobilité, qui peut, vu sa faible taille, prêter à confusion avec la bactérie acétique. Au fur et à mesure qu'il s'allonge, sa mobilité diminue. Il ne prend pas le Gram et par double coloration se laisse facilement colorer en rouge par la fuchsine. Il paraît être assez indifférent à la présence de l'oxygène, car il se développe aussi bien dans les milieux plus ou moins privés d'air que dans les milieux oxygénés.

Sa durée de conservation est assez grande : le bacille isolé en 1929 d'un cidre et conservé en tube scellé dans l'eau de levure glucosée gélatinée se développa à nouveau rapidement en 1932 après ensemencement dans un milieu de culture approprié.

De nombreux essais de culture du bacille furent entrepris dans différents milieux liquides artificiels en vue de lui faire produire de l'acroléine.

Dans l'eau de levure glucosée ou le bouillon de haricots glucosé ($50^{g}$ de glucose; $0^{g},25$ de $SO^4(NH^4)^2$; $0^{g},25$ $PO^4HK^2$; traces de $SO^4Mg$; $1000^{cm^3}$ eau de levure ou bouillon de haricots) avec pH = 6 environ, le bacille se développe en 4 ou 5 jours à l'étuve à 25° en formant dans le liquide de culture des stries chatoyantes, mais il ne donne pas d'acroléine.

Dans des bouillons glycérinés et glucosés, la bactérie se développe abondamment, mais la glycérine n'est pas touchée, le milieu étant acide ou légèrement alcalin, tant qu'il reste du sucre à sa disposition. Le bacille de l'acroléine n'attaque la glycérine dans les milieux artificiels que lorsque le sucre lui fait défaut.

Les milieux alcalins paraissant favorables au développement du bacille, des cultures furent entreprises en milieu glycériné alcalin, non sucré. Pour que l'acroléine puisse être caractérisée, il faut que le liquide de culture redevienne acide. En effet, l'acroléine est polymérisée instantanément par les alcalis (E. Fisher) et si la bactérie en produit en milieu alcalin, elle ne peut être caractérisée, étant détruite par la base au fur et à mesure de sa formation.

Le milieu suivant fut utilisé : $8^{g}$ glycérine; $0^{g},25$ $SO^4(NH^4)^2$; $0^{g},25$ $PO^4HK^2$; traces $SO^4Mg$; $1000^{cm^3}$ eau de levure.

Le bouillon est alcalinisé après stérilisation par quelques gouttes de lessive de potasse jusqu'à virage au bleu d'un papier de tournesol rouge. Son pH est de 8,4. On ensemence avec 10 gouttes de culture du bacille en milieu sucré et l'on place à l'étuve à 25°. Après quelques jours le bouillon est redevenu acide, le papier de tournesol ayant viré au rouge (pH = 6,0). Après 11 jours de culture le liquide est soumis à la distillation. Le distillat, d'odeur piquante, donne les réactions caractéristiques de l'acroléine. Le dosage effectué indique une teneur en acroléine de $310^{\text{mg}}$ par litre de culture. L'acroléine résulte donc bien de l'attaque de la glycérine par la bactérie isolée.

En résumé pour obtenir de l'acroléine dans les cultures pures, deux techniques peuvent être utilisées :

1° Cultiver la bactérie dans l'eau de levure glucosée jusqu'à ce que l'on ait un dépôt assez important de bactéries. Centrifuger ce dépôt pour le séparer du liquide sucré et l'ensemencer entièrement dans l'eau de levure glycérinée, non sucrée, acide (pH = 6,5);

2° Ensemencer directement la bactérie dans l'eau de levure glycérinée non sucrée, mais alcaline, d'un pH de 8 environ. Pendant le développement de la culture le pH augmente et atteint 6,0.

Dans ces deux cas, après une douzaine de jours de culture, on soumet le liquide à la distillation fractionnée. L'acroléine peut être facilement caractérisée.

Cette bactérie paraît être introduite dans les cidres, lors de la fabrication du moût, par suite de la malpropreté des fruits souillés de terre. Elle commence donc à se développer aux dépens des sucres au moût, surtout si la fermentation est lente à se déclencher et si l'épuration du jus n'a pas eu lieu par une bonne défécation. Lorsque les sucres commencent à faire défaut, la bactérie attaque alors la glycérine produite par la fermentation alcoolique. La température favorise aussi son développement et le rechauffage des cuves à 25° utilisé parfois pour activer la fermentation alcoolique, en distillerie, ne fait qu'accélérer le développement de la maladie.

Ces accidents de fabrication ne pourront donc être évités qu'en renforçant les soins de propreté pendant la fabrication : lavage méthodique des pommes pour éliminer la terre y adhérant, épuration physique des moûts par une bonne défécation et désinfection complète de tout le matériel de logement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence d'un glycol dans la cire du bacille tuberculeux.* Note de M. N. **Stendal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La partie insaponifiable de la cire du bacille tuberculeux est très mal connue. Il était naturel, par analogie avec les cires proprement dites, de penser à la présence possible d'alcools. De tels composés auraient en effet été isolés par différents auteurs.

S. Tamura ([1]) pense avoir extrait un alcool de formule $C^{29}H^{56}O$ : le *mykol*, capable de fixer *un atome* de brome ou d'iode. Par sa technique, nous n'avons pu obtenir de corps cristallisé.

M. Bürger ([2]) indique la présence de deux alcools, de formules $C^{15}H^{28}O$ et $C^{19}H^{36}O$, extraits des bacilles sans saponification préalable de la cire.

Nous pensons que ces deux auteurs n'ont pas obtenu des corps purs, mais des mélanges assez complexes.

R. J. Anderson ([3]) en essayant d'extraire l'insaponifiable par l'éther, après saponification alcaline de la cire, a obtenu un corps à la fois alcool et acide, de poids moléculaire très élevé, qu'il dénomme *cire insaponifiable*. Nos résultats confirment les siens sur ce point, mais des essais de fractionnement par l'alcool bouillant nous ont cependant convaincu qu'il ne s'agit pas d'un corps pur.

Nous avons cherché si, par alcoolyse acide de la cire, nous n'arriverions pas plus facilement à isoler sa fraction alcoolique.

La technique a été arrêtée comme suit :

$28^{g},50$ de cire, (teneur en N : $0^{g},47$ pour 100), obtenue par extraction au benzène froid des corps bacillaires préalablement épuisés à l'alcool-éther et purifiée par une seule précipitation à l'acétone, sont traités par $100^{cm^3}$ d'alcool chlorhydrique à 6 pour 100, en présence de $200^{cm^3}$ de benzène, à l'ébullition pendant 8 heures. Il se forme un dépôt adhérent, de nature sucrée, qui, séparé, pèse $2^{g},50$.

La solution est concentrée sous vide et le résidu lavé cinq fois par $20^{cm^3}$ d'eau. La solution aqueuse ainsi obtenue contient presque tout l'azote de la cire; elle réduit la liqueur cupropotassique et donne par une solution iodo-iodurée un précipité huileux qui fait penser à la présence de choline; mais nous attendrons, pour affirmer la présence de ce corps, de l'avoir isolé sous forme cristalline.

Les esters éthyliques séchés ($23^{g}$) sont ensuite traités par $100^{cm^3}$ de potasse alcoolique 4N, en présence de $100^{cm^3}$ de benzène pendant 6 heures à l'ébullition. Après addition de $300^{cm^3}$ d'alcool absolu, on obtient, par refroidissement à 20° environ,

---

([1]) *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, 87, 1913, p. 85-114.

([2]) *Biochem. Zeitschr.*, 78, 1916, p. 155-164.

([3]) Anderson, *Journ. Biol. Chem.*, 83, 1929, p. 505-522.

$10^{g},60$ de savons très peu solubles. Les filtrats sont soumis à un courant de gaz carbonique et le bicarbonate séparé est lavé deux fois par $100^{cm^3}$ d'alcool absolu bouillant, qu'on ajoute aux filtrats précédents. Ceux-ci abandonnent par refroidissement à 12° environ un nouveau précipité de savon de potassium qui, séparé, pèse $6^{g},50$. Enfin, aux eaux mères on ajoute $8^{g}$ de chlorure de magnésium cristallisé en solution dans l'alcool à 96°. On obtient un précipité de savons magnésiens. Les filtrats sont évaporés et le résidu est traité par l'eau au bain-marie, ce qui permet la transformation *complète* des savons potassiques en savons magnésiens.

Après refroidissement, on élimine la fraction aqueuse et on lave plusieurs fois à l'eau le résidu pâteux.

Celui-ci est traité à l'ébullition par l'acétone qui laisse insolubles les savons magnésiens d'acides gras liquides saturés et non saturés. Les solutions acétoniques ($100^{cm^3}$ environ), légèrement louches, sont clarifiées au charbon activé, et abandonnent par refroidissement des aiguilles brillantes, fondant à 68-69° ($1^{g},15$).

Par cristallisations répétées dans l'acétone, puis dans l'alcool-acétone à parties égales, et de nouveau dans l'acétone, on obtient à partir de ce produit $0^{g},60$ d'une substance formée d'aiguilles aplaties fondant à 73°. Les dernières eaux mères abandonnent par évaporation un résidu parfaitement identique.

Cette substance ne laisse aucun résidu par incinération, ne contient pas d'azote et, dissoute dans l'éther anhydre, n'absorbe pas le brome.

*Analyse.* — 1re subst. : $3^{mg},99$; $CO^2$ $11^{mg},48$; $H^2O$ $4^{mg},79$. Trouvé : C 78,47 %; H 13,46 %. — 2e subst. : $4^{mg},255$; $CO^2$ $12^{mg},24$; $H^2O$ $5^{mg},16$. Trouvé : C 78,45 %; H 13,59 %. Calculé pour $C^{26}H^{54}O^{2}$ : C 78,29 %; H 13,69 %.

*Cryoscopie* (Rast). — 1re subst. : $1^{mg},04$; camphre $4^{mg},68$; $\Delta t$ 21°,5 : P. mol. 413. — 2e subst. : $1^{mg},02$; camphre $5^{mg},13$; $\Delta t$ 20°; P. mol. 398. Calculé pour $C^{26}H^{54}O^{2}$ : 398,5.

*Dosage de l'hydrogène actif* (Zeretwitinoff). — 1re subst. : $7^{mg},44$; $CH^4$ $0^{cm^3},80$ ($760^{mm}$ à 0° C.). — 2e subst. : $3^{mg},91$; $CH^4$ $0^{cm^3},42$. — Trouvé : OH 8,21 et 8,2 %. Calculé pour $C^{26}H^{54}O^{2}$ : 8,54 %.

*Pouvoir rotatoire* (chloroforme). — Subst. : $0^{g},3652$; vol. $6^{cm^3}$; l. 2 dm; $\alpha$ — 0°32' : $[\alpha]_D^{20} = -4°22'$.

*Le diacétate* (par le chlorure d'acétyle en présence de pyridine) cristallise de l'alcool méthylique en fines aiguilles fondant à 34°.

*Analyse.* — Subst. : $3^{mg},985$; $CO^2$ $10^{mg},93$; $H^2O$ $4^{mg},36$. Trouvé : C 74,80 %; H 12,26 %. Calculé pour $C^{30}H^{58}O^{4}$ : C 74,60 %; H 12,14 %.

*Cryoscopie.* — 1re subst. : $0^{mg},66$; camphre $8^{mg},84$; $\Delta t$ 6° : P. mol. 492. — 2e subst. : $2^{mg},405$; camphre $10^{mg},39$; $\Delta t = 20°$; P. mol. 463. Calculé pour $C^{30}H^{58}O^{4}$ : 482,6.

Nous basant sur ces résultats, nous proposons pour ce nouveau glycol naturel la formule $C^{26}H^{54}O^{2}$ et le nom de *phtyoglycol*, rappelant à la fois son origine et la présence de deux fonctions hydroxyle dans sa molécule.

Nous étudions actuellement la constitution de ce nouveau corps.

BIOCHIMIE. — *Phénomènes physicochimiques accompagnant l'entraînement physiologique de la mamelle, chez les femelles primipares.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Ch. Achard.

Dans une Note précédente (¹), nous avons étudié, chez les femelles adultes, l'*activité trophique* de la cellule mammaire pendant le *repos fonctionnel* précédant toute nouvelle parturition; aujourd'hui nous suivrons l'*entraînement physiologique* de la mamelle, avant la première parturition.

On sait que, chez les jeunes femelles, après la fécondation, la mamelle se développe progressivement, augmentant de volume, acquérant une plus grande densité du tissu glandulaire, etc. En même temps, la cellule mammaire manifeste son activité par la sécrétion d'une sérosité particulière, déjà décrite sous le nom de cire ou de miel, et parfois en telle abondance qu'il se produit un écoulement au niveau des trayons. Cette sécrétion est la règle chez la génisse et la jeune brebis. Fait curieux, sur nombre de sujets de l'espèce bovine, on obtient, à la mulsion des quartiers postérieurs, un liquide aqueux, à peine lactescent, fortement salé, tandis que les quartiers antérieurs laissent écouler un miel épais, sirupeux, incolore au début, jaune ambré vers le milieu ou la fin de la gestation.

I. Nos recherches ont porté tout d'abord sur des échantillons de miel prélevés, dans des élevages de Bretagne et de Normandie, sur des génisses, 35 à 40 jours, puis 12 à 15 jours, avant la parturition. Nous remercions ici bien vivement de leur obligeance nos confrères, MM. Lebrun, Merle, Roux et M. Rochereau. Additionnés de toluène au moment de la récolte, ces prélèvements, nous parvenaient en parfait état de conservation, même pendant les grandes chaleurs.

Voici les principaux résultats analytiques portant sur les matières minérales et sur les substances organiques, en particulier sur les protéines, de beaucoup les plus abondantes et les plus intéressantes dans le miel.

*Matières minérales.* — La teneur en chlorures, exprimée en NaCl, et assez variable, oscille entre $0^{g},35$ et $0^{g},43$ pour 100, pour diminuer au moment du vélage et se rapprocher de ce qu'elle est dans le lait normal, soit 0,18 à 0,21 pour 100.

Les phosphates calciques absents, ou seulement à l'état de traces,

---

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1414.

6 à 5 semaines avant la parturition, apparaissent puis augmentent à partir de 3 à 2 semaines. En même temps se manifeste la condensation aboutissant à la formation de la caséine.

*Substances organiques.* — Dans un long travail antérieur [1], nous avons étudié la relation entre l'apparition des sucres (lactose) et des matières grasses butyrisées, en fonction du temps.

Ce sont ces dernières que l'on constate d'abord dans le miel, parfois dès le 5ᵉ et même le 4ᵉ mois de gestation; le sucre n'apparaissant guère qu'au 9ᵉ mois.

Les substances protéiques, séparées par la méthode à l'acétone, montrent une nette prédominance de la *myxoprotéine* sur la globuline et l'albumine. A mesure qu'on se rapproche de la parturition, myxoprotéine et albumine diminuent alors que la caséine augmente très fortement et acquiert progressivement les propriétés physiques et chimiques habituelles (0,55 pour 100 de P dans un échantillon).

Voici les analyses [2] élémentaires pour 100 (moyenne sur 4 échantillons différents, prélevés 30 jours environ avant le part) :

| Globuline. | | | | Myxoprotéine. | | | | Albumine. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C. | H. | N. | S. | C. | H. | N. | S. | C. | H. | N. | S. | CaO. |
| 49,8 | 7,0 | 14,6 | 0,7 | 47,7 | 7,4 | 14,3 | 1,0 | 50,1 | 7,1 | 15,2 | 1,3 | 0,4 à 0,12 |

Ces chiffres sont très voisins de ceux donnés précédemment.

II. Sur une génisse de 25 mois, de race vendéenne, nous avons pu suivre assez régulièrement l'excrétion prélactée, le miel.

Un mois et demi après la fécondation : liquide incolore, transparent, visqueux, donnant l'idée de véritable protoplasma : $p = 4^{g},27$ (65,24 °/₀ de $H^2O$).

Séché sur vide ($1^{g},48$), puis repris par $20^{cm^3}$ d'eau distillée, on a obtenu :

globuline, $0^{g},12$; myxoprotéine, $0^{g},7$; albumine, $0^{g},04$.

Troisième mois de gestation : mêmes caractères, eau °/₀ 64,07. Sur $3^{g},15$ de sec :

globuline, $0^{g},32$; myxoprotéine, $1^{g},37$; albumine, $0^{g},3$.

Sixième mois : sérosité très épaisse, teinte légèrement ambrée, $H^2O$ °/₀

(1) *Bulletin Acad. Médecine*, 105, n° 9, 1931, p. 380.

(2) Toutes les analyses ont été effectuées sur les protéines séchées à 105°-106°.

30,55. Sur $4^g$,12 de sec :

globuline, $0^g$,59; myxoprotéine, $2^g$,15; albumine, $0^g$,47; petites quantités de beurre 0,7 %.

Neuvième mois : très épaisse, légèrement jaune, $H^2O$ % 31,47. Sur $5^g$ sec :

globuline, $1^g$,55; myxoprotéine, $1^g$,85; albumine, $0^g$,7; beurre % = $2^g$,73; lactose hydraté = $0^g$,32.

Dix jours avant parturition, sur $5^g$ extrait dégraissé :

globuline-caséine (P = 0,55 %), $2^g$,90; myxoprotéine, $0^g$,42; albumine, $0^g$,25; beurre % = $2^g$,95; lactose = $1^g$,45.

Myxoprotéine (3 mois gestation) % :

| C. | H. | N. | S. |
|---|---|---|---|
| 47,2 | 7,8 | 14,35 | 0,9 |
| 47,8 | 7,4 | 14,4 | 1,1 |

Myxoprotéine (6 mois gestation) % :

| C. | H. | N. | S. |
|---|---|---|---|
| 47,45 | 7,35 | 14,3 | 0,95 |

*Conclusions.* — Complétant les résultats antérieurs, ces recherches établissent :

1° l'existence d'une *activité trophique* de la cellule mammaire, totalement indépendante de l'*activité fonctionnelle ;*

2° la prédominance, dès les premières manifestations de cette activité trophique, d'une *myxoprotéine* qui diminue progressivement, près de la parturition, et disparaît complètement dans le lait normal.

Plus pauvre en C et N, mais plus riche en H que les deux autres protéines, la myxoprotéine apparaît comme la protéine initiale et comme la protéine *basale*, caractérisant l'activité trophique de la cellule mammaire.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *Infection expérimentale du pou par le virus murin du typhus exanthématique.* Note de M. **P. Lépine** et M^lle **F. Bilfinger**, présentée par M. F. Mesnil.

Si l'origine murine du typhus exanthématique paraît aujourd'hui historiquement incontestable, la possibilité d'une transformation actuelle du

virus *endémique* (rats, puces) en virus *épidémique* du typhus, par adaptation spontanée au pou de l'homme, reste à démontrer.

L'un de nous a montré [1] que le virus murin d'Athènes, immunologiquement identique au virus épidémique et doué des mêmes propriétés expérimentales, ne différait de celui-ci que par des caractères labiles (réaction scrotale, neurotropisme) variant d'une souche à l'autre et transformables au cours des passages. Nous avons vu aussi [2] que le pou peut être infecté avec le virus murin par la méthode intra-rectale de Weigl : à la suite de cette inoculation massive, il développe une infection rapidement mortelle.

Nous avons cherché à reproduire expérimentalement des conditions analogues à celles où, croyons-nous à la suite d'observations épidémiologiques, le virus murin, ayant infecté l'homme et s'adaptant au pou, peut donner naissance à un foyer de typhus épidémique.

Nous avons infecté des singes (*Macacus cynomolgus*) avec une souche murine de moyenne virulence, récemment isolée et ayant conservé sur le cobaye ses caractères d'origine (réaction scrotale, faible neurotropisme). Les singes font à la suite de cette inoculation une maladie bénigne (type Brill), et les poux nourris sur eux durant la période fébrile ne s'infectent jamais. L'infection par voie péritonéale des singes préalablement bloqués par une injection cœlomique de phosphate de Ca donne lieu, après une incubation écourtée, à une maladie plus grave, sans infecter les poux davantage.

Mais si, à l'action du blocage, ou mieux d'une injection intraveineuse unique d'encre de Chine diluée, on ajoute l'exposition au froid des animaux pendant la période d'incubation de leur maladie, on constate que les poux neufs, nourris sur les singes à partir de l'inoculation, s'infectent dans une grande proportion. Les premières rickettsies peuvent apparaître dans l'intestin du pou dès le 7$^{e}$ jour de la fièvre; en règle générale les poux deviennent infectieux du 10$^{e}$ au 16$^{e}$ jour (injection au cobaye de l'émulsion d'intestins de poux, avec passages vérifiés).

Le virus murin d'Athènes est donc capable d'infecter le pou de l'homme. L'étude expérimentale détaillée montre que l'infection du pou par le virus murin ne diffère en rien dans son évolution de l'infection ayant pour origine un virus épidémique.

---

(1) P. Lépine. *Ann. de l'Inst. Pasteur*, 51, 1933, p. 290.

(2) Expériences inédites.

Les conditions ainsi réalisées chez le singe rappellent précisément les facteurs [infection sévère par un virus ordinairement bénin, fléchissement de la résistance individuelle sous une cause pathologique (malaria, etc), action du froid] que l'on rencontre, en général, à l'origine des réveils épidémiques du typhus exanthématique.

A $15^h 40^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

E. P.

## *ERRATA.*

(Séance du 16 mars 1934.)

Note de M. *Maurice Piettre,* Activité trophique de la cellule mammaire en période de repos fonctionnel :

Page 1456, ligne 4, colonne C, *au lieu de* 49,2, *lire* 48,2.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1934.

*Culture de la pomme de terre en montagne et en plaine. Nouvelles expériences sur l'optimum altitudinal*, par P. Lebard et J. Magrou. Extrait des *Annales des sciences naturelles. Séries botanique et zoologie*, 10e série, t. XV. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 fasc. 24cm,5. (Présenté par M. J. Costantin.)

*Actualités biologiques. Évolution de nos conceptions sur la dégénérescence et la symbiose*, par J. Costantin. Extrait des *Annales des sciences naturelles. Séries botanique et zoologie*, 10e série, t. XV. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 fasc. 24cm,5.

*Orchidacées* (fin), par F. Gagnepain et A. Guillaumin; *Apostasiacées*, par Gagnepain; *Hémodoracées* par L. Rodriguez; *Iridacées*, *Amaryllidacées*, *Taccacées*, par Gagnepain; *Dioscoréacées*, par Sir David Prain et I.-H. Burkill. In *Flore générale de l'Indochine*, t. VI, fasc. 5, p. 577-720; Vignettes 55-71. Paris, Masson et Cie, 1934; 1 vol. 25cm,5.

*Mélanges entomologiques*, Ve Mémoire, par Henri Gadeau de Kerville. Extrait du *Bulletin de la Société des Amis des Sciences naturelles de Rouen* (années 1930 et 1931). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1932; 1 vol. 26cm.

*Estudio sobre la crisis volcanica de la Cordillera de Los Andes. Exploraciones aéreas sobre el Volcán Quizapu en erupción*, par Julio Bustos Navarrete. Santiago de Chili, Soc. Imp. y Lit. Universo, 1934; 1 fasc. 26cm.

*Géographie économique*, par Marcel Dubois et J.-G. Kergomard, IVe édition, par J. G. Kergomard. Paris, Masson et Cie, 1934; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. J.-B. Charcot.)

*L'électron magnétique* (*Théorie de Dirac*), par Louis de Broglie. Paris, Hermann et Cie, 1934; 1 vol. 25cm.

*(A suivre.)*

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 30 AVRIL 1934.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau le compte rendu des *Séances publiques* (1929 à 1932) *de l'Académie des Belles-Lettres, Sciences et Arts de La Rochelle*, contenant notamment un discours de M. Jean Torlais : *Réaumur et Bazin*, Membre et Correspondant de l'Académie royale des Sciences.

MYCOLOGIE. — *Sur la biologie du* Pumilus medullæ, *cause du Court-noué parasitaire de la vigne*. Note de MM. **P. Viala** et **P. Marsais**.

Nous avons décrit [1] les caractères de la maladie du Court-noué de la vigne; nous en avons précisé la cause parasitaire et esquissé la biologie du parasite, alors incomplètement résolue.

Ce parasite a été retrouvé sur les greffes-boutures d'importantes pépinières, et a été importé, par ces plantes, dans maints vignobles.

Le parasite, isolé et purifié, a été multiplié sur de très nombreux milieux de culture, avec conditions physiques très variées. Pendant deux années, nous n'avons jamais pu obtenir aucun organe fructifère, sauf quelques oïdies, qui nous paraissent plutôt des cas tératologiques que des moyens normaux de multiplication. Nous supposions donc que le *P. medullæ* se multipliait, dans la nature comme dans nos cultures, par bouturage de fragments mycéliens; le rétrécissement accentué du mycélium au niveau des cloisons, provoquant souvent la désarticulation des cellules composant

---

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 26.

ce filament, nous paraissait le confirmer. La présence fréquente d'un acarien (*Cœpophagus echinopus*?) vivant aux dépens de la moelle parasitée, vers le talon ouvert de la tige, autorisait à penser que cet acarien disséminait le Champignon dans le sol, par ses nombreux excréments microscopiques.

La réalisation d'un mode spécial de culture artificielle nous a permis la découverte des moyens de reproduction, nombreux et complexes, du *P. medullæ*. Nous avons pu, jadis, obtenir en abondance la forme conidienne du Rœslaria (*Vibrissea hypogæa*), rare à observer dans la nature, dans des milieux artificiels et sur sarments de vigne, immergés faiblement dans le liquide nutritif favorable à ce pourridié. Mêmes types de culture ont été réalisés pour le *P. medullæ* avec liquide nutritif approprié. Après plusieurs semaines de développement de la trame aranéeuse du mycélium, il se forme, sur le sarment de la vigne et incrustées dans le liber, de nombreuses pustules; cette production n'avait lieu que sur les jeunes bois de vigne et jamais sur les bois d'autres essences.

Ces pustules noires étaient des conceptacles composés et agrégés, en nombre variable de deux à vingt, à membrane épaisse et commune, sans ostiole, tapissés, sur tout leur intérieur, par de nombreux stérigmates produisant, en quantités énormes, des spores très petites, unicellulaires, incolores, à membrane épaisse, naviculaires, plus amincies vers leurs deux extrémités ($10^{\mu}$ sur $2^{\mu}$ environ). Nous avons, dans notre première Note, considéré ces conceptacles comme des pycnides sans stylospores. A cause de leurs dimensions et surtout de la découverte d'autres organes de reproduction, nous estimons que ce sont plutôt des spermogonies. Les spermaties qu'elles produisent, mises en culture, reproduisent le *P. medullæ*, ce qui démontre bien, expérimentalement, leur dépendance du parasite.

En recherchant, dans la nature, et en examinant de nombreuses vignes court-nouées, nous avons fini par observer ces mêmes formations en grand nombre sur des souches dépérissant de la maladie ou déjà tuées par elle. Les nodules se forment à la fin de la vie des vignes parasitées sur les troncs déjà desséchés. Ils se présentent en séries longitudinales à la surface des tiges, parfois très nombreux et très serrés, suivant la direction des rayons médullaires. Ces formations naturelles sont absolument identiques à celles obtenues en cultures artificielles ; c'est aussi l'organe de reproduction que l'on observe le plus fréquemment dans la nature. L'ensemencement des spermaties de ces organes naturels a donné, en culture artificielle, le même mycélium caractéristique du *P. medullæ*.

Dans la nature, les spermogonies sont implantées dans le liber mou au

milieu des paquets de fibres libériennes et sans ostiole, ce qui est constant pour tous les conceptacles. Le liber mou est entièrement anéanti et remplacé par des tractus informes. Les pustules spermogoniques sont rarement constituées par une seule spermogonie, située alors dans les vaisseaux ou dans la moelle.

La membrane de ces conceptacles est identique pour tous : spermogonies, pycnides et périthèces que nous avons ensuite retrouvés dans la nature. Ces trois formes de conceptacles apparaissent toujours, à l'état naturel, sous forme de pustules en séries, plus ou moins proéminentes, sur les tiges de vignes mortes ou mourantes.

Les nodules des pycnides et des périthèces, de même aspect extérieur, sont un peu plus gros que ceux des spermogonies, un peu plus vallonnés, et toujours en séries parallèles. Il nous a paru que les périthèces ne se développaient qu'aux dépens de sclérotes intercalés entre les paquets de fibres libériennes dans le liber mou.

La membrane épaisse de tous ces conceptacles composés, à mêmes caractères pour chacun d'eux, est constituée par plusieurs assises de cellules polyédriques superposées. Elle est très hygroscopique et, quand on plonge tous ces conceptacles dans l'eau ou un liquide quelconque, elle grossit rapidement, comprime leur contenu, et les spores sortent par fissures, en quantités énormes.

Les nodules à pycnides, plus orbiculaires, en individualités agrégées de deux à vingt, toujours séparés des spermogonies et un peu plus gros, ne se distinguent que par leur contenu et par la grosseur des stylospores ($15^{\mu}$ sur $10^{\mu}$ en moyenne) subcylindriques, obtuses à leur extrémité, à membrane assez épaisse et bien détachée, unicellulaires et incolores. Leur germination, rapide et facile, produit le mycélium caractéristique du parasite.

A la surface vallonnée de ces pycnides nous avons très souvent observé une formation conidienne qui nous paraît dépendante du parasite, sans que nous ayons pu en réaliser la preuve expérimentale. Sur cette surface externe, et surtout dans le creux du vallonnement, s'applique un faux tissu de teinte plus claire, comme jaunâtre; de ce tissu part un autre pseudoparenchyme, noirâtre, d'où se détachent, serrés, de courts filaments couronnés par une conidie. Ces conidies, d'abord d'un jaune clair, puis foncées en brun, sont doubles; la cloison de séparation, très prononcée, est claire, avec souvent une seule grosse vacuole au centre de chacune des deux parties de la conidie. Les conidies, les plus nombreuses, ont un

contenu finement granuleux, sans vacuole. Elles mesurent $20^{\mu}$ sur $12^{\mu}$ en moyenne.

Au milieu des nodules à pycnides et sur les mêmes tiges sèches s'intercalent des pustules plus surbaissées, recouvertes d'une membrane noirâtre dans la partie émergée, la partie interne plongeant à travers les paquets de fibres libériennes jusqu'au bois. Cette partie interne d'un blanc franc forme un tissu pseudoparenchymateux, à très petites cellules, accolées et sans vides entre elles. Ce sont des sclérotes que nous supposons se transformer plus tard en périthèces.

Ces périthèces, que nous avons observés au début du printemps, proviennent de nodules mélangés avec les nodules à pycnides. Ils sont aussi composés, comme ces derniers, de plusieurs conceptacles noyés dans une enveloppe très épaisse. Leur forme est subovoïde et plus régulière que celle des pycnides et des spermogonies. L'intérieur est tapissé sur toute la paroi de fines et minuscules asques rayonnant vers le centre, très serrées et composées chacune de huit ascospores comprimées dans leur membrane commune, à peine visible, sans paraphyses intercalées. Le nombre des périthèces dans un même nodule est peut-être moins grand que pour les spermogonies. Il nous a paru varier de quatre à douze. Les asques ont une longueur de $55^{\mu}$ et une largeur de $6^{\mu}$. Les ascospores, unicellulaires, sont ovoïdes, un peu réniformes, incolores, extrêmement petites, mesurant $11^{\mu}$ de long sur $4^{\mu}$ de large environ.

Toutes ces spores : spermaties, stylospores, ascospores, germent facilement et reproduisent un même mycélium. Leur nombre immense est un élément de dissémination à l'extérieur comme dans le sol, car beaucoup de pustules surgissent sur la partie de la tige enterrée.

Ces caractères des conceptacles agrégés rattachent ce parasite du Court-noué à la famille des SPHÆRIACÉES; il constitue un genre nouveau, bien caractérisé, non loin du genre *Xylaria*, et voisin du genre *Eutypa*, deux genres créés par Tulasne.

M. **FRANK SCHLESINGER** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire, *The Variation of Latitude*, écrit en collaboration avec MM. W. D. LAMBERT et E. W. BROWN.

## NOMINATIONS.

MM. **A. Lacroix**, **H. Le Chatelier**, **G. Urbain**, **A. Béhal**, **G. Bertrand**, **M. Delépine** sont désignés pour représenter l'Académie à la Commémoration du *Cinquantenaire de la mort* de J.-B. Dumas et d'A. Wurtz, qui sera célébrée le 8 mai 1934 par la *Société chimique*.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Structure microscopique des charbons du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais*, par André Duparque.

2° Ch. Abdullah. *Notions de photogrammétrie terrestre et aérienne.* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

3° E. Cazalas. *Carrés magiques au degré n. Séries numérales de G. Tarry.* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

M. le **Général commandant l'École Polytechnique** adresse un Rapport sur l'emploi de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1933.

ANALYSIS SITUS. — *Sur les surfaces fermées générales et la dimension locale.* Note de M. **Boris Kaufmann**, présentée par M. Hadamard.

1. Nous voulons énoncer ici une propriété des surfaces fermées dont nous donnons la démonstration ailleurs :

Théorème. — *Soit* F *une surface fermée* (*c'est-à-dire une coupure irréductible de l'espace ordinaire*), *soit* Z *un sous-ensemble fermé de* F, *qui la sépare en deux parties au moins. Alors il y a des multiplicités cantoriennes arbitrairement petites à deux dimensions appartenant à* F *et rencontrant la coupure* Z. *En outre il y a un point* (*au moins*) *de* Z, *qui est le point commun à une suite indéfiniment décroissante de telles multiplicités.*

Un résultat très important, dû à Urysohn [1], de la théorie des dimensions est que toute surface fermée est une multiplicité cantorienne. Voilà une propriété de la coupure Z elle-même. Au contraire, nous venons d'énoncer une propriété de Z relative à son voisinage infinitésimal sur F.

Les multiplicités cantoriennes arbitrairement petites dont il s'agit ici sont des coupures irréductibles des voisinages sphériques des points de F. On peut démontrer que ce sont bien des multiplicités cantoriennes en généralisant le théorème d'Urysohn.

Nous démontrons notre théorème en construisant une suite $\{M_n\}$ de multiplicités triangulées munies de contours à deux dimensions et à un même contour enlacé avec Z. La surface limite M, bien qu'elle ne soit pas triangulée, possède des propriétés utiles : c'est une surface localement connexe à deux dimensions, qui ne coupe Z que suivant un ensemble de dimension o.

Alors nous construisons sur M une courbe simple C, qui rencontre F seulement dans des points de Z et lie des points de la région extérieure à F à des points de la région intérieure. Parmi des points de ZC, nous trouvons le point cherché, qui appartient à des multiplicités cantoriennes arbitrairement petites, contenues dans F.

2. A la suite du théorème énoncé, il nous semble utile d'introduire quelques notions nouvelles dans la théorie des dimensions. Pour les ensembles fermés, la dimension peut être conçue intégralement, sans se soucier de son comportement sur des points particuliers de l'ensemble. C'est ce qu'a fait M. Alexandroff en partant d'un théorème fondamental de M. Lebesgue. Les multiplicités cantoriennes de toutes les dimensions étant définies *intégralement*, nous définissons la dimension *locale* comme il suit :

*Définition.* — Un point P d'un espace métrique compact est dit *n-dimensionnel en soi*, si *n* est le plus grand entier, tel qu'il existe des multiplicités cantoriennes arbitrairement petites à *n* dimensions contenant le point P.

Nous avons alors deux cas, suivant qu'il existe ou non une suite décroissante de telles multiplicités. Dans le premier cas, P s'appellera un point concentrique à *n* dimensions de l'espace.

Théorème. — *L'ensemble des points concentriques à deux dimensions d'une surface fermée a au moins la dimension* 1.

---

[1] Urysohn, *Fund Math.*, 7, 1925, p. 30. Ce théorème a été généralisé à *n* dimensions par M. Alexandroff, *Annals of Mathematics*, 30, 1928, p. 101.

3. Ces considérations peuvent servir à des recherches ultérieures sur la structure des ensembles fermés. Nous nous permettrons d'énoncer les deux hypothèses suivantes :

*Pour toute ε-couverture (ε suffisamment petit) d'un espace métrique compact à n dimensions, il y a des multiplicités cantoriennes arbitrairement petites, dont chacune rencontre la frontière de l'un au moins des voisinages de la couverture.*

*En outre il y a au moins une multiplicité cantorienne arbitrairement petite rencontrant à la fois au moins $(n+1)$ éléments de la couverture envisagée.*

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Tableaux ramifiés d'ensembles. Espaces pseudo-distanciés.* Note de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Hadamard.

I. Soit T un tableau dont la $\alpha^{\text{ième}}$ ligne est composée des ensembles $G_{a_0 a_1 \ldots a_\alpha}$ si $\alpha$ est de première espèce et des $G_{a_0 \ldots a_\xi} = \prod_{\xi < \alpha} G_{a_0 \ldots a_\xi}$ si $\alpha$ est de seconde espèce, les indices $a_0, a_1, \ldots, \alpha_\xi, \ldots$ parcourant respectivement des ensembles $\{a_0\}, \{a_1\} \ldots, \{a_\xi\}, \ldots$. Deux complexes d'indices des ensembles de T, A, B sont des ensembles bien ordonnés tels que : *ou bien* $AB = 0$, et alors $G_A G_B = 0$; *ou bien* l'un constitue un morceau initial de l'autre par exemple, $B = A a_\xi a_{\xi+1} \ldots$ et alors $G_A - G_B \neq 0$ sauf dans le cas où $G_A$, $G_B$ se composent d'un même point $a$ et alors $G_A = G_{Aa} = G_{Aaa} = \ldots \equiv a$ ou sont tous deux des ensembles vides, donc $G_A = G_{A0} = G_{A00} = \ldots \equiv 0$ (¹). Sous ces conditions, T sera appelé *tableau ramifié d'ensembles.* Le plus petit nombre $\gamma$ tel que la $\gamma^{\text{ième}}$ ligne de T ne contient que des points simples ou des zéros s'appelle le *rang de* T.

Théorème. — T *étant un tableau ramifié d'ensembles, son rang* $\gamma$ *est bien déterminé; il existe une suite d'ensembles,* $\{E_\alpha\}$, *telle que* : 1° $E_\alpha$ *est un élément de la* $\alpha^{\text{ième}}$ *ligne de* T; 2° $E_\alpha - E_\beta \neq 0$ *pour* chaque $\alpha < \beta$ *et* chaque $\beta \leqq \gamma$.

II. E désignera un ensemble ordonné continu et limité (²),

$$D = (D_0, D_1, \ldots, D_\alpha, \ldots)$$

(¹) Si dans une ligne de T se trouvent deux ensembles vides et si les complexes des indices respectifs ne coïncident pas, ces zéros sont considérés comme des ensembles disjoints.

(²) Pour la terminologie, voir ma Note des *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 882, dans laquelle, *dans tous les raisonnements*, il faut remplacer la phrase : « suite fondamen-

un développement complet de E, des développements partiels $D_0$, $D_1$, ..., $D_\alpha$, ... étant composés des termes d'ordre resp. 0, 1, ..., $\alpha$ de D : $E_{a_0}$, $E_{a_0 a_1}$, ..., $E_{a_0 a_1 \ldots a_\alpha}$, ... dont l'ensemble constitue le tableau horizontal H du développement D de E; le tableau vertical V de D est formé des arguments du développement D : F, $F_{a_0}$, ..., $F_{a_0 a_1 \ldots a_\alpha}$, .... Le signe $\varphi(x)$ désignera le premier nombre $\alpha$ tel que le point $x$ de E se trouve dans la $\alpha^{\text{ième}}$ ligne de H.

Théorème. — *a. Il y a au moins un développement complet* D *de* E; *b. le tableau horizontal* H *de* D *est ramifié; c. le développement complet* D *est déterminé d'une manière unique par son tableau vertical* V; *d. l'ensemble de points des arguments effectifs de* D *est dense dans* E; *e. la fonction* $\rho(x)$, $x \in E$ *est uniforme et possède un maximum qui est égal au rang* $\gamma$ *du tableau horizontal* H *de* D.

III. Un ensemble quelconque E est dit *espace pseudo-distancié* ou espace de la classe $(\Delta)$ si l'ensemble de couples de points de E peut être considéré comme un ensemble ordonné $\mathfrak{M} = \{(x, y)\}$, $x, y \in E$ tel que : 1° $(x, x)$ est le premier élément $\zeta$ de $\mathfrak{M}$ pour tout $x \in E$, et *vice versa*, si $(x, y) = \zeta$, alors $x \equiv y$; 2° $(x, y) = (y, x)$ pour chaque $x$ et $y$ de E; 3° il existe une fonction univoque $\eta = \varphi(\xi)$, $\xi, \eta \in \mathfrak{M}$ telle que $\varphi(\xi) \to \zeta$ si $\xi \to \zeta$; si $(x, y) < \varepsilon$, $(y, z) < \varepsilon$ alors $(x, z) \leqq \varphi(\varepsilon)$ pour chaque $x$, $y$, $z$ de E; 4° pour qu'un point $a$ de E soit point d'accumulation d'un ensemble $F \subset E$, il faut et il suffit qu'il existe un ensemble $G \subset F$ tel que $(x, y) \to \zeta$ si $y$ parcourt G (¹).

Si $\varepsilon_0 > \varepsilon_1 > \ldots > \varepsilon_\nu > \ldots \to \zeta$, $\nu < \omega_\alpha$, $\omega_\alpha$ étant régulier, des signes $\varepsilon_\nu$ jouent le rôle des nombres arbitrairement petits et les nombres $\omega_\alpha$, $\aleph_\alpha$ le rôle des nombres $\omega_0$, $\aleph_0$ dans le cas des espaces distanciés. On a ainsi des classes $(\Delta^0)$, $(\Delta^1)$, ..., $(\Delta^\alpha)$, ..., $\omega_\alpha$ étant régulier, qui n'ont en commun que des certains espaces pseudo-distanciés composés des points isolés. En particulier, la classe $(\Delta^0)$ contient la classe $(\mathcal{D})$ de M. Fréchet (²).

D'une manière générale, en partant d'une certaine classe d'espaces

---

tale de segments de E » par la phrase « suite fondamentale d'intervalles de E ». Une suite bien ordonnée $s = \{ \rho_\varphi \}$ d'intervalles décroissants de E est dite *fondamentale* si $p\Pi \rho_\varphi \equiv p\Pi V_\varphi = 1$ ou 0, $V_\varphi$ désignant la fermeture rel. E de $\rho_\varphi$; deux telles suites $\{ \rho^1_\varphi \}$, $\{ \rho^2_\psi \}$ sont dites *équivalentes* si à chaque $\rho^1_\varphi$ correspond un $\rho^2_\psi$ tel que $\rho^1_\varphi \supset \rho^2_\psi$ et vice versa.

(¹) Évidemment, plusieurs couples de points de E peuvent coïncider dans $\mathfrak{M}$.

(²) *Rendiconti Palermo*, 22, 1906, p. 18; *Espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 61 et 218. Si $(\Delta^0) - (\mathcal{D}) \neq 0$, la classe $(\Delta^0)$ fournirait une réponse affirmative à deux questions de M. Fréchet (*Espaces abstraits*, p. 190 et 193).

abstraits et en leur attribuant un rôle actif de paramétrisation, on arrive à de nouvelles classes d'espaces abstraits. Dans le cas des espaces distanciés et pseudo-distanciés, le rôle des espaces actifs est joué respectivement par des ensembles de nombres réels non négatifs et par des ensembles ordonnés limités du côté gauche.

IV. *Toute proposition mathématique est une fonction logique des variables : ensemble et élément* (¹).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Systèmes de* deux *équations aux dérivées partielles à* une *fonction inconnue de n variables indépendantes.* Note (²) de M. **Maurice Janet**, présentée par M. Hadamard.

Des méthodes générales permettent, comme on sait, étant donné un système d'équations aux dérivées partielles particulier, d'ailleurs quelconque, de reconnaître s'il est compatible et de déterminer le degré de généralité de sa solution, degré de généralité caractérisé essentiellement par le nombre *maximum* $\lambda$ des arguments des fonctions arbitraires dont elle dépend et par le nombre $\mu$ de ces fonctions arbitraires de $\lambda$ arguments. Mais bien des questions restent encore en suspens si l'on se donne seulement la forme générale du système considéré : nombre des inconnues, des équations, et éventuellement ordre, etc., et si l'on demande de discuter un tel système à ce point de vue. J'ai étudié précédemment les systèmes à autant d'équations indépendantes que de fonctions inconnues (³). Je me propose de m'occuper ici des systèmes formés de *deux* équations à *une* fonction inconnue, en me bornant à deux cas particulièrement intéressants.

1. Donnons-nous deux expressions différentielles linéaires à une fonction indéterminée $u$ de $n$ variables indépendantes

$$A(u) \equiv \Sigma a_{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_n} \frac{\partial^{\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_n} u}{\partial x_1^{\alpha_1}\partial x_2^{\alpha_2}\ldots\partial x_n^{\alpha_n}} \qquad (0 \leqq \alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_n \leqq p),$$

$$B(u) \equiv \Sigma b_{\beta_1\beta_2\ldots\beta_n} \frac{\partial^{\beta_1+\beta_2+\ldots+\beta_n} u}{\partial x_1^{\beta_1}\partial x_2^{\beta_2}\ldots\partial x_n^{\beta_n}} \qquad (0 \leqq \beta_1+\beta_2+\ldots+\beta_n \leqq q)$$

---

(¹) Pour l'axiomatique du mot *ensemble*, voir E. Zermelo, *Fund. Math.*, 16, 1930, p. 28. Cf. aussi E. W. Huntington, *Trans. Am. Math. Soc.*, 6, 1905, p. 17.

(²) Séance du 16 avril 1934.

(³) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1637, et 173, 1921, p. 124; *Journ. de Mathématiques pures et appl.*, 9ᵉ série, 8, 1929, p. 339.

d'ordres respectivement $p$, $q$, les $a$, $b$ étant des fonctions données des variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

Il peut se faire que le nombre $\lambda$ soit égal à $n-1$. C'est ce qui arrive certainement lorsqu'il existe entre A, B quelque relation *identique* (c'est-à-dire vraie quelle que soit $u$)

$$L[A(u)] + M[B(u)] = 0,$$

où L, M sont des expressions différentielles linéaires d'ordres respectivement *moindres* que $q$, $p$. Mais cela arrive dans des cas plus généraux : ces cas sont caractérisés par le fait que, en vertu de l'équation $A = 0$ (supposée vérifiée quels que soient $x_1, x_2, \ldots, x_n$), *sur une multiplicité* $M_{n-1}$ *arbitraire* non caractéristique pour $A = 0$, B *et ses* $p-1$ *premières dérivées suivant une direction non tangente à* $M_{n-1}$ *sont liées par quelque équation aux dérivées partielles à* $n-1$ *variables indépendantes* (1).

2. Excluons le cas précédent, et supposons que, entre les expressions différentielles $A(u)$, $B(u)$, existe quelque relation *identique*

$$L[A(u)] + M[B(u)] = 0,$$

où L, M désignent des expressions différentielles linéaires d'ordres respectivement *égaux* à $q$, $p$. Pour que le système $A(u) = f$, $B(u) = g$, où $f$, $g$ sont des fonctions données de $x_1, x_2, \ldots, x_n$, soit compatible, il est évidemment nécessaire que

$$L(f) + M(g) = 0.$$

J'ai démontré que *cette condition est suffisante* (2). Dans le cas présent, il peut d'ailleurs se faire que le nombre $\lambda$ relatif au système $A(u) = 0$,

---

(1) Voici un exemple de ce cas, qui ne rentre pas dans le type banal mentionné tout d'abord :

$$A \equiv p_{44} - x_3 p_{24} - p_4, \qquad B \equiv p_{43} - x_4 p_{41} \qquad \left(p_i \equiv \frac{\partial u}{\partial x_i}, \; p_{ik} = \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \, \partial x_k}\right).$$

Si l'on suppose $A = 0$ pour tout $x_1, x_2, x_3, x_4$, B et sa dérivée première par rapport à $x_4$, B′, sont liées sur $x_4 = x_4^0$ par la relation

$$\left(\frac{\partial}{\partial x_3} - x_4^0 \frac{\partial}{\partial x_1}\right)(B' - x_3 B_2 - B) - B_2 + B_1 = 0 \qquad \left(B_i \text{ représente } \frac{\partial B}{\partial x_i}\right).$$

(2) M. G. Cerf a montré récemment (*Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 892) que *si* $n = 2$, la démonstration peut se faire en utilisant certains résultats obtenus antérieurement par lui (*Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 613).

$B(u) = 0$, au lieu d'avoir sa valeur normale $n - 2$, soit égal à zéro, $\mu$ étant alors aussi égal à zéro, autrement dit que la solution soit entièrement déterminée [1].

3. Dans le cas où A, B sont permutables, M. Hadamard avait pressenti le résultat précédent et en avait demandé une démonstration [2]. M. Cerf avait indiqué la généralisation précédente, en supposant égal à deux le nombre des variables indépendantes. Je suis amené ici à préciser et à généraliser la proposition même qu'en tirait M. Hadamard :

1° Il est nécessaire d'exclure les cas auxquels se rapporte le n° 1.

2° En revanche, si l'on ne fait sur A, B que l'hypothèse indiquée au n° 2, sans avoir besoin de l'hypothèse, plus restrictive, de la permutabilité, on obtient :

*La solution générale de l'équation* $L[A(u)] = 0$ *ou, ce qui revient au même,* $M[B(u)] = 0$ *s'obtient en ajoutant les solutions générales de* $A(u) = 0$ *et de* $B(u) = 0$ [3].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale de Kronecker.* Note de M. **André Magnier**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Soit $X = f(x, y, z)$, $Y = g(x, y, z)$, $Z = h(x, y, z)$ une transformation ponctuelle, $f$, $g$, $h$ ayant des dérivées premières continues. Soit

---

(1) Exemple : $p_{11} - p_{22} + u = 0$, $p_1 - p_2 = 0$. Le fait que, ici (en supposant $n \geq 3$), $\lambda$ ne peut jamais être égal à $n - 3$, $n - 4$, ..., 1 (ni à 0 avec $\mu \neq 0$) résulterait d'une proposition, non démontrée à ma connaissance, que j'ai été amené, dans mes études sur les systèmes à autant d'équations que d'inconnues, à indiquer comme probable.

(2) *Congrès de Zurich*, 1932, 2e vol., p. 78.

(3) $n$ est quelconque. Mais il suffira d'indiquer un exemple où $n = 2$ : la solution générale de

$$\left(\frac{\partial}{\partial x\, \partial y} + x\frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)(r - x^2 t) = 0$$

ou, ce qui revient au même, de

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} - x^2\frac{\partial^2}{\partial y^2} - 2\frac{\partial}{\partial y}\right)(s + xt) = 0$$

s'obtient en ajoutant les solutions générales de $r - x^2 t = 0$ et de $s + xt = 0$ (on a posé $r = \partial^2 u/\partial x^2$, $s = \partial^2 u/\partial x\, \partial y$, $t = \partial^2 u/\partial y^2$).

$\Sigma$ une surface fermée sans point double. Posons

$$\Delta(x, y, z) = \frac{D(f, g, h)}{D(x, y, z)}.$$

L'intégrale de Kronecker :

$$I = \frac{1}{4\pi}\int\int_{\Sigma}\frac{X\,dY\,dZ + Y\,dZ\,dX + Z\,dX\,dY}{(X^2 + Y^2 + Z^2)^{3/2}},$$

où la normale positive est la normale extérieure à $\Sigma$, et où l'on remplace le symbole

$$dY\,dZ \quad \text{par} \quad \frac{D(Y, Z)}{D(x, y)}dx\,dy + \frac{D(Y, Z)}{D(y, z)}dy\,dz + \frac{D(Y, Z)}{D(z, x)}dz\,dx, \quad \text{etc.},$$

est égale à la *différence du nombre de solutions du système* (E), $f = g = h = 0$ *intérieures à* $\Sigma$, *où* $\Delta > 0$, *et le nombre de solutions où* $\Delta < 0$ (¹).

La démonstration suppose que si $(x_0, y_0, z_0)$ est une solution de (E),

$$\Delta(x_0, y_0, z_0) \neq 0.$$

2. Supposons l'existence et la continuité des dérivées secondes de $f, g, h$ et soit $(x_0, y_0, z_0)$ une solution du système (E) telle que $\Delta(x_0, y_0, z_0) = 0$, mais telle que le tableau :

$$\begin{Vmatrix} \Delta'_{x_0} & f'_{x_0} & g'_{x_0} & h'_{x_0} \\ \Delta'_{y_0} & f'_{y_0} & g'_{y_0} & h'_{y_0} \\ \Delta'_{z_0} & f'_{z_0} & g'_{z_0} & h'_{z_0} \end{Vmatrix}$$

soit de *rang* 3.

Si $\Sigma$ est une surface fermée sans point double à l'intérieur de laquelle $(x_0, y_0, z_0)$ est la seule solution de (E), l'*intégrale de Kronecker* relative à $\Sigma$ et aux fonctions $f$, $g$, $h$ est *nulle*.

On vérifie ce fait sur l'exemple : $f = x$, $g = y$, $h = z^2$. On vérifie la nécessité des hypothèses sur les deux exemples :

$$f = x, \quad g = y, \quad h = z^3; \qquad f = x, \quad g = y, \quad h = y + yz + z^3$$

pour lesquels $I = +1$.

3. Supposons que les fonctions $f$, $g$, $h$ admettent des dérivées premières et secondes continues, que le système (E) ait pour solutions les points d'un certain continu C intérieur à $\Sigma$, qu'en tout point de C le tableau des dérivées partielles de $f$, $g$, $h$ soit de *rang* 2. Enfin considérons l'ensemble

(¹) Voir E. PICARD, *Traité d'Analyse*, 1, p. 150, et 2, p. 218, de la troisième édition.

des points de C, où le tableau

$$\begin{Vmatrix} \Delta'_x & \Delta'_y & \Delta'_z \\ f'_x & f'_y & f'_z \end{Vmatrix}$$

est de rang 1; supposons que cet ensemble, ou l'un des deux analogues, ne comprenne qu'un nombre fini de points.

*On peut alors affirmer que* $I = 0$.

On vérifie ce fait sur l'exemple : $f = xz$, $g = yz$, $g = x^2 + y^2 - a^2$. Et l'on vérifie la nécessité des hypothèses sur les deux exemples :

$$f = (x^2 + y^2 - a^2)(x - a), \qquad g = (x^2 + y^2 - a^2)y, \qquad h = z;$$
$$f = (x - a)[(x^2 + y^2 - a^2)^2 + z^2], \qquad g = y[(x^2 + y^2 - a^2)^2 + z^2],$$
$$h = z[(x^2 + y^2 - a^2)^2 + z^2]$$

pour lesquels $I = +1$.

4. L'intérêt du résultat précédent, au point de vue des applications de l'intégrale de Kronecker est surtout négatif. Étant donné le système d'équations différentielles

$$\frac{dx}{X} = \frac{dy}{Y} = \frac{dz}{Z},$$

Henri Poincaré (*Œuvres*, I, p. 192) avait déjà fait remarquer que l'intégrale de Kronecker ne donne pas, comme dans le cas du plan, une relation entre les nombres des points singuliers des différentes espèces. Nous voyons qu'il en est de même si le système admet des lignes singulières.

Nous donnerons les démonstrations des deux théorèmes précédents dans un autre Recueil.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le module des coefficients de Mac Laurin d'une fonction univalente.* Note de M. **F. Marty**, présentée par M. Hadamard.

Soit (F) la famille des fonctions holomorphes et univalentes dans le cercle unité qui admettent un développement de Mac Laurin de la forme

$$Z = z + a_2 z^2 + \ldots + a_n z^n + \ldots.$$

Cette famille étant normale et bornée, il existe certainement des fonctions pour lesquelles $a_n$ prend le maximum de son module. Parmi celles-ci, une au moins $Z_n$ est telle que $a_n$ est réel et positif. Posons

$$Z_n = z + \alpha_2 z^2 + \ldots + \alpha_n z^n + \ldots.$$

D'après une hypothèse classique, on a $\alpha_n = n$ et $Z_n$ serait identique à $Z_0 = z/(1-z)^2$ qui représente le cercle unité sur le plan affecté d'une coupure rectiligne. J'indique dans cette Note en les démontrant sommairement deux propriétés de $Z_n$, qui appartiennent bien à $Z_0$.

Théorème I. — *Il n'y a pas de points extérieurs au domaine sur lequel la fonction $Z_n$ représente le cercle unité.*

Par exemple, l'infini n'est pas point extérieur. Si l'on avait $|Z_n| \leqq M$ dans le cercle unité, la fonction $Z_n^* = Z_n/1 - bZ_n$ appartiendrait à la famille dès que l'on aurait $|b| < 1/M$. Elle se réduit à $Z_n$ pour $b = 0$, et un calcul simple montre que son $n^{\text{ième}}$ coefficient de Mac Laurin, $\alpha_n^*$, est un polynome en $b$ dont le terme constant est $\alpha_n$, et qui ne se réduit pas à une constante. Dans ces conditions, il y a toujours des valeurs de $b$ voisines de zéro pour lesquelles $\alpha_n^*$ est supérieur en module à $\alpha_n$, ce qui est en contradiction avec l'hypothèse faite sur $Z_n$.

Pour montrer que le point $a$ ne peut pas être extérieur au domaine, on utilisera une famille de fonctions $Z_n^*(Z_n, b)$, analytiques dans le domaine $|Z_n - a| > \varepsilon$, $|b| < \varepsilon^*$, avec

$$Z_n^*(Z_n, 0) = Z_n, \qquad Z_n^*(0, b) = 0, \qquad \frac{\partial Z_n^*}{\partial Z_n}(0, b) = 1.$$

On peut toujours construire une telle famille de sorte que $\alpha_n^*$ ne soit pas une constante par rapport à $b$. Le raisonnement s'achève alors comme précédemment.

Théorème II. — *Les coefficients de la fonction $Z_n$ vérifient la relation*

$$2\alpha_2\alpha_n = (n+1)\alpha_{n+1} - (n-1)\bar{\alpha}_n.$$

Posons

$$\varphi(z) = Z\left[\frac{e^{i\theta}(z+\alpha)}{1+\bar{\alpha}z}\right] \qquad \text{et} \qquad \psi(z, \alpha, \theta) = \frac{\varphi(z) - \varphi(0)}{\varphi'(0)}.$$

La fonction $\psi$ appartient à la famille (F). Quand $\alpha$ tend vers zéro, $\psi$ tend vers $Z(e^{i\theta}z)$.

En développant la fonction $\varphi(z)$ en série de Mac Laurin par rapport à $\alpha$ et $\bar{\alpha}$ considérés comme variables indépendantes, il vient

$$\varphi(z) = Z[e^{i\theta}z] + \alpha Z'[e^{i\theta}z]e^{i\theta} - \bar{\alpha}z^2 Z[e^{i\theta}z]e^{i\theta} + \ldots,$$

ce qui permet d'évaluer le $n^{\text{ième}}$ coefficient de la fonction $\psi(z)$

$$A_n = e^{(n-1)i\theta}\{a_n + \alpha[(n+1)a_{n+1} - 2a_2a_n]e^{i\theta} - (n-1)a_{n-1}\bar{\alpha}e^{-i\theta} + \ldots\}.$$

Pour que l'inégalité $|A_n| < a_n$ soit vérifiée quels que soient $\theta$ et $\alpha$, en parti-

culier pour $\alpha$ suffisamment petit, il faut que le terme du premier ordre en $\alpha$ soit imaginaire pur, ce qui conduit à l'égalité nécessaire

$$(n+1)a_{n+1} - 2a_2 a_n = \overline{(n-1)a_n},$$

équivalente à l'inégalité annoncée.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la similitude statistique dans les mouvements turbulents des fluides.* Note ([1]) de MM. **G. Dedebant**, **Ph. Schereschewsky** et **Ph. Wehrle**, présentée par M. E. Fichot.

Il paraît d'un grand intérêt d'adopter, dans la théorie de la turbulence, un point de vue résolument *statistique*, c'est-à-dire de poser une *décoordination* complète dans l'espace et dans le temps du mouvement perturbé. Ainsi conçue, la théorie de la turbulence peut être calquée sur la théorie cinétique, abstraction faite de ce qui dépend du phénomène des *chocs*.

Toute propriété du mouvement turbulent ne doit alors se traduire que par une *relation entre les paramètres statistiques des lois de distribution des vitesses perturbées* autour d'un instant donné, pour les différents points du fluide et non entre les vitesses elles-mêmes en ces points.

En particulier, on ne saurait admettre tel quel (bien qu'il conduise à des formules représentant très bien les observations) le principe de similitude de Von Kàrman, en vertu duquel, dans un écoulement dont les lignes de courant sont parallèles, *les vitesses perturbées seraient, à un instant donné, semblables*, sur une perpendiculaire aux lignes de courant, autrement dit *identiques moyennant un changement d'échelle approprié*, variable de point en point. Cette hypothèse imposerait, en effet, à la turbulence des *conditions très restrictives*, incompatibles avec la conception statistique. Cette Note a pour objet de montrer que *les relations de Von Kàrman, et celle plus classique encore de Prandtl, s'obtiennent en écrivant seulement que les lois de distribution des vitesses perturbées deviennent identiques par un certain changement d'échelle*, qu'elles n'impliquent qu'une hypothèse beaucoup plus large que celle de Von Kàrman et se justifient par une similitude *purement statistique.*

Soient, dans un mouvement quasi permanent à deux dimensions, $u_0(y)$ et $v_0 = 0$ les composantes de la vitesse d'ensemble; U, V les composantes

([1]) Séance du 16 avril 1934.

de la vitesse perturbée, dont les moyennes, sur un temps $\tau$ assez long, sont nulles. Pendant le temps $\tau$ et en un point lié au mouvement d'ensemble, les vitesses perturbées successives, observées chaque fois qu'un certain seuil de fluctuation est dépassé, se distribuent suivant une loi statistique $f(U, V, y)$, que nous supposerons, comme en théorie cinétique, ne s'écarter que peu de la loi de Gauss $f_0$ (répartition de Maxwell), de sorte que $f = f_0 \overline{1+\varepsilon}$, $\varepsilon$ étant petit devant 1.

On sait que la loi d'une statistique varie quand le nombre des tirages change. Pour rendre comparables ces statistiques de vitesses perturbées aux différents points du fluide, il faut donc qu'elles portent sur le même nombre N de vitesses mesurées, c'est-à-dire qu'un certain seuil de fluctuations étant défini par la précision des mesures, le temps d'observation $\tau$ doit être variable de point en point (changement d'échelle de temps).

Si les lois $f$ étaient de Maxwell, elles pourraient être rendues identiques dans tout le fluide en adoptant comme unité de vitesse la moyenne quadratique $\sigma(y)$ de la vitesse perturbée — ou écart type de la vitesse totale —. Moyennant ce changement d'échelle de vitesse ($u = U/\sigma$, $v = V/\sigma$), les surfaces $\varphi(u, v, y)$, déduites des $f$, sont identiques au premier ordre près, les différences, qui portent sur l'asymétrie, provenant du terme $\varepsilon$

$$\varphi(u, v, y) = \varphi_0 \overline{1+\eta},$$

$\eta$ étant ce que devient $\varepsilon$ après le changement d'échelle.

Nous poserons — tel sera notre principe de similitude — que les surfaces $\varphi$ de distribution des vitesses rapportées aux écarts types sont identiques, non pas seulement au premier ordre, mais *au deuxième ordre près*, ce qui se traduira analytiquement en écrivant que les termes du premier ordre de $\eta$ sont indépendants de $y$.

$\eta$, au premier ordre, dépend des gradients caractérisant la non-uniformité du fluide « réduit » par les changements d'échelles $\sigma$ et $\tau$. Ces non-uniformités sont au nombre de deux, celle de la vitesse, caractérisée par $u'_0 = \partial u_0/\partial y$, et celle de la densité. En effet, les particules observées pendant le temps $\tau$ sont contenues dans une aire $S \approx \tau^2$ [1] (la vitesse, en moyenne proportionnelle à l'écart type, étant ramenée à une constante numérique par le changement d'échelle). La densité fictive $d$ du fluide réduit est donc $d \approx \frac{N}{\tau^2} \approx \frac{1}{\tau^2}$, et sa non-uniformité introduit, dans $\eta$, un terme en $\tau' = \partial\tau/\partial y$.

(1) Le signe $\approx$ signifie « proportionnel à ... ».

Au deuxième ordre près, on a, par conséquent,

$$\eta = \mathrm{A}u\nu u'_0 + \mathrm{B}\nu\tau',$$

la forme des coefficients de $u'_0$ et de $\tau'$ s'obtenant par des considérations d'invariance calquées sur celles classiques qui, en théorie cinétique, précisent la fonction de Chapman.

D'autre part, $u$, $\nu$ et $\eta$ étant des nombres sans dimensions, A et B sont respectivement de la forme $\mathrm{A} \approx \tau$, $\mathrm{B} \approx \sigma$.

Finalement, les deux termes du premier ordre de $\eta$ devant être des constantes, en vertu du principe de similitude statistique,

$$\tau u'_0 = \text{const.}, \qquad \sigma\tau' = \text{const.}$$

Les constantes sont caractéristiques du fluide et des parois qui le limitent.

*D'où la définition du changement d'échelle*

$$\tau \approx \frac{1}{u'_0}, \qquad \sigma \approx \frac{1}{\tau'} \approx \frac{u'^2_0}{u''_0},$$

grâce auquel on retrouve immédiatement les expressions données, soit par Prandtl, soit par von Kàrman, du parcours moyen $\lambda$ (*Mischungsweg*), du coefficient d'échange turbulent $\mathcal{A}$ (*Austausch*) et de la force de frottement de surface $\mathcal{T}$ (*Schubspannung*) $\lambda \approx \frac{u'_0}{u''_0}$, $\mathcal{A} \approx \lambda^2 u'_0$, $\mathcal{T} \approx \lambda^2 u'^2_0$.

Il est facile d'en déduire l'expression de la force de frottement de volume qui, introduite dans l'équation du mouvement, fournit une équation en $u_0$ qui détermine *le champ de la vitesse d'ensemble*, ce qui a donné lieu à des vérifications numériques excellentes dans le cas du mouvement turbulent au voisinage d'une paroi.

La théorie statistique de la turbulence s'annonce très fructueuse. En particulier, elle permet d'approfondir le sens de la similitude statistique, qui équivaut à la *quasi-uniformité de la probabilité* dans le milieu (condition évidemment nécessaire de la quasi-permanence du champ de probabilités, correspondant à celle du régime lui-même). Elle jette aussi un jour nouveau sur le passage du régime laminaire au régime turbulent.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le passage de la déflagration au régime détonant dans les moteurs à essence.* Note [1] de M. **Max Serruys**, présentée par M. Jouguet.

Nous étions arrivé [2] à cette conclusion que, pour expliquer le mécanisme du choc et la formation de l'onde explosive dans le moteur à essence, il suffit de montrer comment une onde de pression à front raide peut y prendre naissance. Des indices convergents nous conduisent aujourd'hui à concevoir comme suit la formation de cette onde :

Pendant la combustion, la pression croît dans les gaz non brûlés et, par conséquent, la température aussi, en sorte qu'il arrive nécessairement un moment, si la pression s'élève suffisamment, où une petite portion de ces gaz, de température homogène, se trouve atteindre tout entière et au même instant, les conditions requises pour que les réactions y prennent une grande vitesse et que la combustion se produise sans délai (soit que le retard à l'inflammation soit rendu très faible par la valeur élevée de la température atteinte, soit que les réactions préliminaires correspondant au délai d'allumage aient eu le temps de se produire auparavant). Il est alors facile de calculer la durée de combustion, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que la combustion de ce petit noyau gazeux, s'effectuant simultanément dans toute sa masse, libère la plus grande partie des calories qu'elle est susceptible de produire. On sait en effet que la vitesse d'une flamme se propageant dans le milieu considéré dépasse généralement $20^{m}$ par seconde, et que son épaisseur n'est guère supérieure en général à $0^{mm},2$. Cela correspond à une durée de combustion de 1/100000 sec environ. Ce serait donc en 1/100000 sec que le noyau considéré se trouverait porté d'une température initiale de 900° absolus environ à une température finale que nous pouvons estimer, en première approximation, à 2700° absolus environ.

Pour que la pression reste uniforme dans toute la chambre d'explosion, il faudrait donc que le volume du petit noyau pût tripler en 1/100000$^{e}$ de seconde. Et, si ce petit noyau a, par exemple, $1^{cm}$ d'étendue en tous sens, la vitesse des molécules situées à la périphérie, qui se trouvent primitive-

---

(1) Séance du 23 avril 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1385.

ment au repos, devrait atteindre sensiblement

$$\frac{\sqrt[3]{3}-1}{2}\times 100\,000 = 22\,000 \text{ cm/sec environ.}$$

Or il est facile de calculer la surpression qui serait nécessaire pour engendrer une pareille vitesse, par détente adiabatique, dans un fluide dont la densité initiale est voisine de 100. On a en effet

$$V^2 = 2g\int_1^2 v\,dp = 2g\frac{k}{k-1}p_1 v_1\left[1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1-\frac{1}{k}}\right],$$

ce qui donne, en prenant $k = 1,4$ : $p_2/p_1 = 4/3$. En supposant $p_1 = 30$ kg/cm², on doit avoir une surpression $p_2 - p_1 = 10$ kg/cm².

Une telle variation de pression, s'effectuant en 1/100000ᵉ de seconde seulement, constitue évidemment l'amorce d'une onde à front raide suffisamment puissante pour se propager dans le reste des gaz non brûlés sous forme d'onde explosive.

En réalité le phénomène est certainement beaucoup plus complexe que ce calcul sommaire ne le suppose, puisqu'il y a combustion et détente simultanées; il faut donc considérer le résultat obtenu comme une approximation assez grossière. Il n'en reste pas moins évident que la surpression engendrée par la combustion du petit noyau gazeux considéré, de température uniforme, dépend essentiellement des dimensions de celui-ci et doit même être sensiblement proportionnelle au carré de ses dimensions.

Il est donc nécessaire pour que l'onde explosive puisse prendre naissance, qu'un noyau gazeux homogène, de dimensions suffisantes, se trouve passer tout entier et simultanément par une température critique voisine de celle que M. Dumanois désigne sous le nom de deuxième température d'inflammation spontanée [1]. Nous désignerons ce phénomène sous le nom *d'inflammation nucléaire*.

---

[1] La première température d'inflammation spontanée, en effet, est, en général, trop rapidement dépassée pour que les réactions préliminaires qui y correspondent donnent lieu à un dégagement de chaleur important, en sorte que c'est sensiblement la deuxième température d'inflammation spontanée qui joue le rôle de température critique. De toutes façons, le retard à l'inflammation caractéristique des combustibles hydrocarburés et cette température critique à laquelle les réactions exothermiques prennent une très grande vitesse, dépendent de l'évolution thermique et piézométrique subie par les gaz combustibles pendant la compression et la combustion déflagrante.

Par contre, il est clair que s'il existe un gradient de température élevé dans une portion de la masse au moment où elle atteint la température critique, il n'y aura pas inflammation nucléaire, l'épaisseur du volume porté à la température critique, à un instant donné, étant trop faible pour engendrer une onde de pression puissante et, par suite, la détonation.

Ainsi s'explique que l'allumage par point chaud ne provoque presque jamais directement la détonation [1] puisque le gradient de température est généralement élevé au voisinage de ce point; de même, au voisinage de la flamme, dont l'épaisseur généralement faible ne peut donner lieu au phénomène d'inflammation nucléaire que nous venons de décrire.

Remarquons enfin que l'hypothèse que nous venons de formuler s'accorde avec les faits connus concernant l'influence des antidétonants sur la température d'inflammation spontanée et la tendance à l'allumage par point chaud (M. Dumanois).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Définition et propriétés du centre de gravité en Mécanique ondulatoire.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous nous proposons dans cette Note de définir le centre de gravité d'un système en Mécanique ondulatoire, et d'établir des théorèmes analogues à ceux de Mécanique classique sur le mouvement du centre de gravité.

Nous appellerons *centre de gravité* d'un système de $n$ corpuscules $M_i$ de masses $m_i$ un point G tel que, si on localisait tous les points du système, sa position serait donnée par

$$\mathfrak{M}\,G = \Sigma m_i M_i \qquad (\mathfrak{M} = \Sigma m_i).$$

On trouve que *la position moyenne de* G *est le centre de gravité des points moyens du système* et que l'écart quadratique moyen $\sigma_X$ d'une coordonnée G autour de sa valeur moyenne est lié aux $\sigma_{x_i}$ des points du système par $\mathfrak{M}^2\sigma_x^2 = \Sigma m_i^2\sigma_{x_i}^2$.

En particulier, si les $n$ masses $m_i$ sont égales et si $\sigma_x$ est la moyenne quadratique des $\sigma_{x_i}$, on a $\sigma_X = n^{-1/2}\sigma_x$.

---

[1] *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 224.

2. La Mécanique classique impose que la valeur moyenne $\overline{P}$ de la quantité de mouvement de G soit la somme des $\overline{p}_i$. Nous trouvons que $\vec{P}$ est égal à la somme des $\vec{p}_i$, et nous constatons que $\sigma_P^2 = \Sigma\sigma_{p_i}^2 = n\sigma_p^2$, $\sigma_p^2$ étant la moyenne des $\sigma_{p_i}^2$. On voit alors que le mouvement satisfait aux relations d'incertitude, car $\sigma_X\sigma_P \sim \sigma_x\sigma_p \sim h/2\pi$. Quant à la vitesse de G, elle sera en moyenne celle de la Mécanique classique et $\mathfrak{M}\sigma_V$ est égal à $\sigma_P$. D'où $\sigma_X\sigma_V \sim h/2\pi\mathfrak{M}$.

Ceci montre que *plus la masse du système est grande, plus le mouvement de* G *se rapproche d'un mouvement classique et du point de vue des moments* $\sigma$, *il se comporte comme un corpuscule doué de la masse totale obéissant à la Mécanique ondulatoire.*

3. Cette propriété de G nous conduit à chercher à décrire son mouvement au moyen d'une équation d'ondes. Partons de celle du système $\psi$, et effectuons le changement de variable des $x_i$ en X et $\xi_i$. Posons

$$\mathbf{p}_{x_i} = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x_i}; \qquad \mathbf{P}_x = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial X}; \qquad \varpi_{x_i} = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial \xi_i}.$$

Nous trouvons facilement, $\varphi$ étant la nouvelle expression de $\psi$, que

$$\Sigma\mathbf{p}_i\psi = \mathbf{P}\varphi \qquad \text{ou} \qquad \Sigma\mathbf{p}_i \doteq \mathbf{P},$$

la seconde égalité étant une manière d'écrire la première. Nous l'énoncerons : *L'opérateur* $\mathbf{P}$ *quantité de mouvement de* G *est « correspondamment égal » à la somme des opérateurs* $\mathbf{p}_i$.

Puis, après quelques calculs, nous arrivons à un théorème qui correspond à celui de Kœnig : *L'opérateur force vive d'un système est correspondamment égal à l'opérateur force vive d'un corpuscule situé au centre de gravité et doué de la masse totale, augmenté de l'opérateur force vive du système dans le mouvement relatif par rapport à des axes de direction fixe menés par le centre de gravité.*

Nous obtenons ainsi la nouvelle équation d'ondes du système, en $\varphi$. Elle contient trois paramètres surabondants. Aussi les intégrales de volume qui interviennent dans les calculs ne doivent pas être prises dans tout l'espace à $3n+3$ dimensions, mais sur la multiplicité à $3n$ dimensions déterminée par les équations de liaison : c'est là une condition que nous estimons qu'il faut adopter dans tous les cas de paramètres surabondants.

4. Si $\mathbf{A}$ est un opérateur mécanique attaché au mouvement de G, il ne dépendra que de $X^{\cdot}$, $Y^{\cdot}$, $Z^{\cdot}$, $\partial/\partial X$, $\partial/\partial Y$, $\partial/\partial Z$; donc, pour calculer les pro-

babilités des valeurs de **A**, on devra intégrer $\varphi$ par rapport aux $\xi_i$, $\eta_i$, $\zeta_i$. Ceci conduit comme équation du mouvement du centre de gravité, si $\varphi$ est égal à $\Phi.\Psi$, à

$$\frac{1}{2\mathfrak{M}}\mathbf{P}^2\Psi + \mathcal{V}_G\Psi = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Psi}{\partial t}$$

avec

$$\mathcal{V}_G = V_1(X, Y, Z) + \overline{T}_r - \overline{H}_r; \qquad V_1 = \int \Phi^* \varphi \Phi \, d\tau_1,$$

Si, au lieu d'intégrer par rapport aux $\xi_i$, $\eta_i$, $\zeta_i$, nous intégrons par rapport à X, Y, Z, nous obtenons l'équation du mouvement relatif autour du centre de gravité

$$\sum \frac{1}{2m_i}\varpi_i^2\Phi + \mathcal{V}_r\Phi = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Phi}{\partial t}$$

avec

$$\mathcal{V}_r = V_r + \frac{1}{2\mathfrak{M}}\overline{P^2} - \overline{H}, \qquad V_r = \int \Psi^* T \Psi \, dX \, dY \, dZ.$$

Comme $\varphi$ peut toujours être développé sous la forme $\Sigma a_{ij}\Phi_i\Psi_j$, on en déduit que *tout mouvement d'un système peut être considéré comme un mélange de produits d'un mouvement autour du centre de gravité par un mouvement du centre de gravité.*

*Conclusion.* — Ainsi se trouvent établies les propriétés du centre de gravité en Mécanique ondulatoire. Elles correspondent bien à celles qu'il possède en Mécanique classique. Mais le centre de gravité a ici un rôle fondamental car, d'une part, en se comportant comme un corpuscule lourd, c'est grâce à lui qu'on peut relier les deux Mécaniques; d'autre part, il permet de justifier *a posteriori* l'introduction d'axes de référence, car on peut définir un *corps solide* comme un système de corpuscules tel que, si on le considère de toutes les manières possibles comme formant deux systèmes de masses du même ordre de grandeur, la distance moyenne des deux centres de gravité est constante.

ASTRONOMIE. — *Recherches sur les mouvements des étoiles* B. Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. $\vec{V}(X, Y)$ désignant la vitesse d'ensemble des étoiles B au point $x, y$ du plan galactique, j'ai calculé les développements numériques de X et Y suivant les puissances de $x$ et $y$ jusqu'aux termes du troisième degré par la méthode des moindres carrés, en utilisant 49 systèmes de valeurs

$(x, y, X, Y)$ calculés récemment par M. Pierre Guintini et moi-même ([1]); voici les résultats obtenus :

$$
\begin{aligned}
X = & -16{,}00_{\pm 0,44} + 2{,}74_{\pm 0,47}\cdot 10^{-2}x + 2{,}57_{\pm 0,40}\cdot 10^{-2}y \\
& - 0{,}01_{\pm 0,17}\cdot 10^{-4}x^2 + 0{,}55_{\pm 0,18}\cdot 10^{-4}xy - 0{,}01_{\pm 0,15}\cdot 10^{-4}\,y^2 \\
& - 0{,}15_{\pm 0,07}\cdot 10^{-6}x^3 - 0{,}28_{\pm 0,11}\cdot 10^{-6}x^2y - 0{,}14_{\pm 0,07}\cdot 10^{-6}xy^2 + 0{,}00_{\pm 0,0}\quad{}^{-6}y^3 \\
Y = & -\ 7{,}13_{\pm 0,45} - 0{,}74_{\pm 0,45}\cdot 10^{-2}x + 0{,}33_{\pm 0,41}\cdot 10^{-2}y \\
& + 0{,}46_{\pm 0,17}\cdot 10^{-4}x^2 + 0{,}05_{\pm 0,18}\cdot 10^{-4}xy - 0{,}35_{\pm 0,15}\cdot 10^{-4}\,y^2 \\
& - 0{,}05_{\pm 0,07}\cdot 10^{-6}x^3 - 0.25_{\pm 0,11}\cdot 10^{-6}x^2y - 0{,}04_{\pm 0,03}\cdot 10^{-6}xy^2 - 0{,}09_{\pm 0,06}\cdot 10^{-6}y^3,
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\Phi = \frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial y} = & -3{,}31_{\pm 0,60}\cdot 10^{-2} + 0{,}37_{\pm 0,38}\cdot 10^{-4}x + 0{,}07_{\pm 0,35}\cdot 10^{-4}y \\
& + 0{,}13_{\pm 0,24}\cdot 10^{-6}x^2 - 0{,}22_{\pm 0,26}\cdot 10^{-6}xy - 0{,}04_{\pm 0,19}\cdot 10^{-6}y^2.
\end{aligned}
$$

Le rotationnel $\Phi$ du vecteur $\vec{V}$ paraît pratiquement constant dans le champ étudié.

2. J'ai déterminé les corrections à apporter aux développements de X et Y pour tenir compte de l'absorption de la lumière dans l'espace interstellaire. Dans le cas présent ces corrections sont très petites.

3. J'ai cherché à identifier le vecteur $\vec{V}$ défini par les formules obtenues avec la vitesse qu'auraient les étoiles dans une rotation pure, c'est-à-dire dans une rotation avec une vitesse angulaire $\Omega$ fonction de la distance R au centre donnée par un développement tel que

$$\Omega(R) = \beta_0 + \beta_1(R - R_0) + \beta_2(R - R_0)^2 + \beta_3(R - R_0)^3,$$

$R_0$ étant la distance du Soleil au centre. L'identification se fait par la méthode des moindres carrés avec des erreurs moyennes élevées pour les inconnnes $\beta$, ceci prouve que $\vec{V}$ n'est pas représentable par une rotation pure.

4. Je décompose $\vec{V}$ en une somme de deux vecteurs $\vec{V}'$ et $\vec{V}''$, dont le premier doit représenter une rotation pure. $\vec{V}''$ est défini à 8 constantes près comme ayant une divergence égale à celle de $\vec{V}$ et un rotationnel nul; mais, en identifiant $\vec{V}'$ avec les formules théoriques d'une rotation pure, on peut déterminer par la méthode des moindres carrés les 8 constantes nouvelles et les $\beta$, on trouve ainsi en supposant que le centre a pour coor-

([1]) *Bulletin astronomique*, 8, v, 1933, p. 228.

données : $l_0 = 330°$, $R_0 = 10000$, que le vecteur rotation des étoiles B est

$$X' = 152,0 + 1,20.10^{-2}x + 2,35.10^{-2}y + 0,04.10^{-4}x^2 - 0,06.10^{-4}xy - 0,08.10^{-4}y^2 - 0,01.10^{-6}x^3 - 0,12.10^{-6}x^2y + 0,14.10^{-6}xy^2 + 0,05.10^{-6}y^3;$$

$$Y' = +263,3 - 0,96.10^{-2}x - 1,20.10^{-2}y + 0,16.10^{-4}x^2 - 0,09.10^{-4}xy + 0,07.10^{-4}y^2 - 0,00.10^{-6}x^3 + 0,03.10^{-6}x^2y + 0,12.10^{-6}xy^2 - 0,05.10^{-6}y^3;$$

$$\Omega(R) = -3,04.10^{-2} + 2,77.10^{-6}(R - R_0) - 0,094_{\pm 0,038}.10^{-8}(R - R_0)^2 + 0,180_{\pm 0,007}.10^{-10}(R - R_0)^3,$$

R et $R_0$ étant exprimés en parsec et $\Omega$ en km/sec$^{-1}$ parsec$^{-1}$.

D'après l'expression de $\Omega$, V' est représentable par la théorie de Cort avec

$$A = +0,014, \qquad B = -0,016,$$

et les termes en $(R - R_0)^2$ et $(R - R_0)^3$ sont négligeables dans le champ étudié, sauf aux bords de ce champ où les données sont moins certaines.

Ces résultats sont favorables à l'hypothèse galactique simple.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *L'électron magnétique et le principe de correspondance de Th. De Donder et J. M. Whittaker.* Note (1) de M. **J. Géhéniau**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Les équations des champs gravifiques et électromagnétiques peuvent se déduire, comme l'a montré Th. De Donder (2), d'un principe variationnel appliqué à la fonction caractéristique

$$(1) \qquad \mathcal{M}^g - \mathcal{N}W^2 + \mathcal{M}^{(m)} + \mathcal{M}^{(m,e)} + \mathcal{M}^{(e)}.$$

D'autre part, les équations gravifiques, électromagnétiques et ondulatoires peuvent se déduire, comme l'a montré J. M. Whittaker (3), d'un autre principe variationnel appliqué à la nouvelle fonction caractéristique

$$(2) \qquad \mathcal{M}^g + \mathcal{M}^{(e)} + \mathcal{M}^{(ph)}.$$

(1) Séance du 23 avril 1934.

(2) *Mém. des Sc. math.*, fasc. 58, 1912. Pour les notations non expliquées ici, voir Chapitres I et IV de ce fascicule.

(3) *Proc. of the R. Society*, série A, 121, 1928, p. 543.

Le *principe de correspondance* de Th. De Donder et J. M. Whittaker (associé à l'électron magnétique) consiste à identifier les champs électromagnétiques et gravifiques déduits de ces deux principes variationnels. Il exprime, d'une façon générale, le *raccordement statistique* entre la physique quantique et la physique classique dont parlait L. de Broglie dans une de ses conférences ([1]).

2. Dans cette Note, je modifierai légèrement l'expression (1) en prenant

$$(3)\qquad \mathfrak{M}^{(e)} = \frac{\sqrt{-g}}{2} g^{\alpha\beta} g^{\mu\nu} (\Phi_{\alpha,\mu} - \Phi_{\mu,\alpha})(\Phi_{\beta,\nu} - \Phi_{\nu,\beta}) \qquad \text{où} \qquad \mathcal{H}_{\times}^{\overline{\mu\nu}} = \Phi_{\mu,\nu} - \Phi_{\nu,\mu},$$

$$(4)\qquad \mathfrak{M}^{(m,e)} = 2 D^{\alpha} \Phi_{\alpha}$$

où

$$(5)\qquad D^{\alpha} = C^{\alpha} + R^{\alpha\beta}{}_{,\beta} \qquad (\alpha, \beta, \mu, \nu = 1, \ldots, 4).$$

La fonction (2) ne dépend alors que des potentiels gravifiques $g_{\alpha\beta}$, électromagnétiques $\Phi_{\alpha}$ et photoniques $P_{\alpha}$, $Q_{\alpha}$, ces huit dernières fonctions remplaçant les quatre fonctions $\Psi_{\alpha}$ de Dirac.

3. Nous ne nous occuperons ici que des relations concernant le courant total $D^{\alpha}$, le tenseur de polarisation $R^{\alpha\beta}$, la densité massique N, la force mécanique électromagnétique $F^{\alpha}_{(e)}$. Toutes ces grandeurs seront exprimées en fonction des potentiels $g_{\alpha\beta}$, $\Phi_{\alpha}$, $P_{\alpha}$, $Q_{\alpha}$ uniquement. Nous obtenons ainsi ([2])

$$(6)\qquad D^{\alpha} = \frac{e}{mc^{3}} \{ U^{\alpha\beta} P^{\times}_{\beta} - U^{\alpha\beta}_{*} Q^{\times}_{\beta} + S P^{\times\alpha} - B Q^{\times\alpha} + \text{conjuguée} \},$$

$$(7)\qquad R^{\alpha\beta} = k(S U^{\times\alpha\beta} - B U^{\times\alpha\beta}_{*}) + \text{conjuguée},$$

où $ik$ est une constante réelle. De la relation ([3])

$$N u^{\alpha} u^{\beta} + P^{\alpha\beta} = M^{\alpha\beta},$$

on déduit

$$(8)\qquad F^{\alpha}_{(e)} = M^{\alpha\beta}{}_{,\beta}$$

et

$$(9)\qquad N = 2(-P^{\alpha} P^{\times}_{\alpha} + Q^{\alpha} Q^{\times}_{\alpha}).$$

---

([1]) *Arch. Sciences physiques et naturelles* (Genève), 5e période, 15, 1933, p. 479.

([2]) TH. DE DONDER, *loc. cit.*, p. 47, form. (269). Notre potentiel $Q_{\alpha}$ est égal au potentiel $Q_{\alpha}$ de ce travail, *changé de signe*.

([3]) TH. DE DONDER, *loc. cit.*, form. (274).

4. *Champ de Dirac.* — Dans ce cas, les seconds membres de (6) et (9) donnent exactement les expressions des densités de valeurs moyennes de la théorie de Dirac correspondant respectivement au courant total et à la masse propre de l'électron. Mais (7) donne, pour les composantes $R^{14}$ et $R^{23}$, des valeurs un peu différentes de celles obtenues par la théorie de Dirac. Nous comptons exposer ces résultats, d'une façon plus détaillée, dans un travail ultérieur.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un système de matrices réelles qui intervient dans la théorie de l'électron magnétique lorsqu'on se place dans l'espace-temps de la relativité restreinte.* Note [1] de M. **Bernard Kwall**, présentée par M. L. de Broglie.

Nous avons démontré récemment [2] qu'à deux spineurs de premier rang correspond dans l'espace-temps une grandeur géométrique à 8 composantes (deux fois 4 composantes), que nous appellerons bineur, dont les lois de transformations sont :

$$(1)\quad \begin{cases} X'_1 = c_4 X_1 + c_3 X_2 - c_2 X_3 - c_1 X_4 + d_4 Y_1 + d_3 Y_2 - d_2 Y_3 - d_1 Y_4, \\ X'_2 = -c_3 X_1 + c_4 X_2 + c_1 X_3 - c_2 X_4 - d_3 Y_1 + d_4 Y_2 + d_1 Y_3 - d_2 Y_4, \\ X'_3 = c_2 X_1 - c_1 X_2 + c_4 X_3 - c_3 X_4 + d_2 Y_1 - d_1 Y_2 + d_4 Y_3 - d_3 Y_4, \\ X'_4 = c_1 X_1 + c_2 X_2 + c_3 X_3 + c_4 X_4 + d_1 Y_1 + d_2 Y_2 + d_3 Y_3 + d_4 Y_4, \\ Y'_1 = -d_4 X_1 - d_3 X_2 + d_2 X_3 + d_1 X_4 + c_4 Y_1 + c_3 Y_2 - c_2 Y_3 - c_1 Y_4, \\ Y'_2 = d_3 X_1 - d_4 X_2 - d_1 X_3 + d_2 X_4 - c_3 Y_1 + c_4 Y_2 - c_1 Y_3 - c_2 Y_4, \\ Y'_3 = -d_2 X_1 + d_1 X_2 - d_4 X_3 + d_3 X_4 + c_2 Y_1 - c_1 Y_2 + c_4 Y_3 - c_3 Y_4, \\ Y'_4 = -d_1 X_1 - d_2 X_2 - d_3 X_3 - d_4 X_4 + c_1 Y_1 + c_2 Y_2 + c_3 Y_3 + c_4 Y_4, \end{cases}$$

$c_1$, $c_2$, $c_3$, $c_4$ et $d_1$, $d_2$, $d_3$, $d_4$ étant les paramètres de la représentation quaternionienne de Cayley du groupe de Lorentz.

La possibilité de former des tenseurs par des combinaisons bilinéaires entre les composantes du bineur tient à l'existence de deux représentations des quaternions à l'aide des matrices réelles à 4 lignes et à 4 colonnes, qui

(1) Séance du 23 avril 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 907-909.

sont les suivantes :

$$
(2)\quad\left\{
\begin{array}{l}
\varepsilon_1=\begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix},\quad
\varepsilon_2=\begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{vmatrix},\quad
\varepsilon_3=\begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix},\\
e_1=\begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix},\quad
e_2=\begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{vmatrix},\quad
e_3=\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix},\\
\varepsilon_4=\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.
\end{array}\right.
$$

On en déduit, par multiplication, un système de 16 matrices, dont 8 seulement suffisent pour engendrer les composantes des grandeurs tensorielles qui interviennent dans l'électron magnétique de Dirac [1].

On a en effet :

$$
(3a)\quad\left\{
\begin{array}{ll}
j_1\sim Y\varepsilon_1X-X\varepsilon_1Y, & j_3\sim Y\varepsilon_3X-X\varepsilon_3Y,\\
j_2\sim Y\varepsilon_2X-X\varepsilon_2Y, & \frac{1}{i}j_4\sim Y\varepsilon_4Y+X\varepsilon_4Y,\\
\multicolumn{2}{c}{j_\nu=\hat{\varphi}\varepsilon_\nu\varphi;}
\end{array}\right.
$$

$$
(3b)\quad\left\{
\begin{array}{ll}
\mu_{32}=\mathfrak{I}_1\sim -Ye_3\varepsilon_1Y+Xe_3\varepsilon_1X, & \mu_{14}=\mathfrak{J}_1\sim Ye_3\varepsilon_1X+Xe_3\varepsilon_1Y,\\
\mu_{13}=\mathfrak{I}_2\sim -Ye_3\varepsilon_2Y+Xe_3\varepsilon_2X, & \mu_{24}=\mathfrak{J}_2\sim Ye_3\varepsilon_2X+Xe_3\varepsilon_2Y,\\
\mu_{21}=\mathfrak{I}_3\sim -Ye_3\varepsilon_3Y+Xe_3\varepsilon_3X, & \mu_{34}=\mathfrak{J}_3\sim Ye_3\varepsilon_3X+Xe_3\varepsilon_3Y,\\
\multicolumn{2}{c}{\mathfrak{I}_\nu+i\mathfrak{J}_\nu=\varphi e_3\varepsilon_\nu\varphi;}
\end{array}\right.
$$

$$
(3c)\quad\left\{
\begin{array}{ll}
S_1\sim -Ye_3\varepsilon_1Y-Xe_3\varepsilon_1X, & S_3\sim -Ye_3\varepsilon_3Y-Xe_3\varepsilon_3X,\\
S_2\sim -Ye_3\varepsilon_2Y-Xe_3\varepsilon_2X, & \frac{1}{i}S_4\sim \quad Ye_3\varepsilon_4X-Xe_3\varepsilon_4Y,\\
\multicolumn{2}{c}{S_\nu\sim -\varphi^\star e_3e_\nu\varphi;}
\end{array}\right.
$$

$$
(3d)\quad\left\{
\begin{array}{ll}
\Omega_1\sim Y\varepsilon_4Y-X\varepsilon_4X, & \Omega_2\sim -Y\varepsilon_4X-X\varepsilon_4Y,\\
\multicolumn{2}{c}{\Omega_1+i\Omega_2=-\varphi\varepsilon_4\varphi.}
\end{array}\right.
$$

(On a posé $\varphi=X+iY$, $\varphi^\star=X-iY$, $\hat{\varphi}=iX+Y$.)

Remarquons aussi que les équations (1) peuvent revêtir, grâce aux opé-

---

(1) Cf. L. DE BROGLIE, *L'électron magnétique*.

rateurs $e_\nu$, la forme symbolique suivante :

$$(1') \qquad X'_\nu = ce_\nu X + de_\nu Y, \qquad Y'_\nu = -de_\nu X + ce_\nu Y.$$

Indiquons également que le système de 16 matrices, envisagé ici, permet d'obtenir les 16 formes bilinéaires entre les composantes de deux quaternions, qui interviennent dans la représentation du groupe le plus général des rotations dans l'espace à 4 dimensions (groupe de Lorentz) par la formule de Cayley [1].

CHALEUR. — *Comment aborder les problèmes de propagation de la chaleur, avec frontières fixes, lorsque les propriétés thermiques du milieu dépendent de la température.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Pour étudier les propriétés les plus typiques de la propagation de la chaleur (flux de chaleur sur une des faces d'un corps indéfini, brusquement portée à une température différente; apparition, en un point éloigné, de la perturbation ainsi provoquée), il est commode de posséder une solution de la forme $T = f(u)$, avec $u = x : \sqrt{t}$. On exprime en effet très facilement, dans ce cas, les conditions initiales : le corps est initialement à température uniforme, ce qui donne $T = T_0$ pour $u = \infty$; et la face $x = 0$ est brusquement portée, et maintenue, à la température $T_1$, ce qui donne $T = T_1$ pour $u = 0$; de plus la forme trouvée, dans les problèmes classiques, pour la fonction $f$, se prête très bien à l'étude de T pour les grandes valeurs de $u$, c'est-à-dire pour les petites valeurs du temps $t$.

Nous avons reconnu que, tout au moins dans les problèmes à une dimension, l'équation la plus générale de la chaleur (chaleur spécifique volumique $c\rho$, et conductibilité $k$, fonctions de la température) avait une solution particulière $T = f(u)$ [et même plus généralement $T = f(u)t^\lambda$], et nous allons indiquer comment cette circonstance permet d'intégrer effectivement le problème dont nous avons parlé dans une Note récente [2] : répartition des températures dans une masse gazeuse, supposée indéfinie, au contact d'une paroi froide, et portée brusquement à une température extrêmement élevée (mélange combustible dans les moteurs à explosion).

(1) *J. de Crelle*, 50, 1855, p. 299; *Math. Papers*, Cambridge, 2, 1899, p. 202.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1302.

Soient $T_0 = 2400°K$, la température des gaz, $T_1 = 600°K$, celle de la paroi. Dans cet intervalle, la conductibilité varie à peu près suivant la loi $k = b\sqrt{T}$, $c\rho$ pouvant être considéré comme constant.

En posant $\sqrt{f(u)} = T_0\varphi(u)$, $u = v\sqrt{bT_0 : c\rho}$, la fonction $\varphi(v)$ est donnée par l'équation différentielle normalisée : $2\varphi\varphi'' + 4\varphi'^2 + v\varphi' = 0$. Nous devons exprimer que, pour $v = 0$, $\varphi = a_0$ (valeur donnée par le rapport $T_1 : T_0$), et que, pour $v = \infty$, $\varphi = 1$.

Au voisinage de $v = 0$, $\varphi$ peut se représenter par la série convergente

$$\varphi = a_0 + a_1 v - a_2 v^2 + a_3 v^3 - \ldots \tag{1}$$

et l'équation différentielle permet de calculer les $a_i$ en fonction de $a_0$ et $a_1$.

Au voisinage de l'infini, $\varphi$ étant voisin de 1, $\varphi'$ est infiniment petit, et l'allure de $\varphi$ est donnée par l'équation $2\varphi'' + v\varphi' \sim 0$, d'où, pour $\varphi$, le terme $e^{-\frac{v^2}{4}}$, que l'on devra multiplier par une fonction d'allure neutre, en l'espèce une série entière en $1 : v$, $P(1 : v)$; et l'équation complète n'étant pas linéaire, il faut introduire des termes analogues, avec les exponentielles $e^{-2\frac{v^2}{4}}$, $e^{-3\frac{v^2}{4}}$, .... Finalement, on représente $\varphi$ par le développement « asymptotique »

$$\varphi = 1 + \lambda P_1 e^{-\frac{v^2}{4}} - \lambda^2 P_2 e^{-2\frac{v^2}{4}} + \lambda^3 P_3 e^{-3\frac{v^2}{4}} - \ldots, \tag{2}$$

$\lambda$ est un paramètre; les P sont des développements alternés, à coefficients numériques, suivant les puissances paires de $1 : v$, commençant respectivement par des termes en $1 : v^2$, $1 : v^4$, ..., qui sont donnés par des équations linéaires du second ordre, et que l'on calcule successivement par identification.

Pour exprimer utilement la condition à l'origine, et la condition à l'infini, il faudrait raccorder les deux développements. En donnant aux paramètres des valeurs numériques, on pourrait tenter le raccordement en calculant numériquement les deux développements, mais ici, on serait arrêté par le fait que, d'une part, les séries P, qui sont elles-mêmes des développements asymptotiques, sont divergentes, et ne peuvent donner de résultats approchés que pour les grandes valeurs de $v$; et que, d'autre part, le rayon de convergence de la série (1) étant assez petit, les développements (1) et (2) ne se prêtent pas au calcul de $\varphi$ pour la même valeur de $v$.

Nous avons résolu la difficulté en utilisant un artifice donné par Euler,

pour accélérer la convergence des séries, et transformer les séries divergentes en ce qu'on appelle aujourd'hui séries asymptotiques (effectivement divergentes, mais paraissant converger d'abord rapidement, et fournissant la somme de la série avec une erreur moindre que le premier terme négligé) :

La somme S de la série alternée $u_1 - u_2 + u_3 - u_4 + \ldots$ est la valeur $g(1)$ de la fonction $g(x) = u_1 x - u_2 x^2 + u_3 x^3 \ldots$. Faisant la transformation $x = y : (1 - y)$, on trouve que S est la valeur $h(1:2)$ de la fonction $h(y) = u_1 y - \Delta_1(u) y^2 + \ldots$, les $\Delta$ représentant les différences successives des $u$. La convergence est accélérée, ou la divergence atténuée, puisque les $\Delta$ croissent moins vite que les $u$, si l'allure des $u$ est régulière, et surtout parce que les $\Delta$ sont multipliés par les puissances successives de $1:2$. S'il s'agit d'une série divergente, on met de côté les premiers termes devenus décroissants s'il y en a, et l'on recommence.

En opérant ainsi, nous avons obtenu pour le problème numérique posé, la valeur de $a_1$ et celle de $\lambda$($a_0$ est ici égal à $1:2$), en identifiant les développements (1) et (2) pour $v = \sqrt{2}$, et pour $v = 2$. On trouve pour $a_1$ la valeur 0,71. Il en résulte immédiatement le calcul de la chaleur cédée par le gaz à la paroi, par unité de surface, pendant les premiers instants, $Q = 2(T_0 - T_1)\sqrt{k_m c \rho t : \pi}$. C'est la formule que l'on obtiendrait dans l'hypothèse classique d'une conductibilité constante; seulement $k_m$ représente sensiblement la conductibilité pour la température $\sqrt{T_0 T_1}$.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la force électromotrice produite par l'écoulement de la vapeur d'eau.* Note de M. **Albert Milhoud**, présentée par M. Ch. Fabry.

La vapeur d'eau saturée s'électrise positivement quand elle s'écoule sous pression, à travers des tubes étroits.

D'après les recherches très anciennes d'Armstrong [1] et de Faraday [2], cette électrisation serait due au frottement des gouttelettes d'eau entrainées par la vapeur. De toute façon, il se produit entre le fluide entrant et le le fluide sortant des tubes une différence de potentiel qui dépend de la différence de pression qui produit l'écoulement.

---

[1] *Ann. de Chim. et Phys.*, 3e série, 7, 1843, p. 401.
[2] *Ann. de Chim. et Phys.*, 3e série, 10, 1844, p. 88.

Dans une première série d'expériences, j'ai fait passer de la vapeur dans des tubes en verre de très petits diamètres ($0^{mm},5$ à $1^{mm},5$) et de différentes longueurs. Les tubes en essai communiquaient, d'une part avec une petite chaudière isolée, dont la pression effective pouvait varier de 0 à 5 kg/cm², d'autre part avec un réservoir où l'on pouvait maintenir une pression d'environ 0,3 kg/cm². Le diamètre extérieur des tubes était de $10^{mm}$ environ, la paroi épaisse pouvant supporter de fortes pressions.

J'ai utilisé d'abord des longueurs de $1^{m}$ réduites ensuite à $50^{cm}$ et $20^{cm}$. La différence de potentiel était mesurée au moyen d'un électromètre à quadrants filiformes Villey-Bouty. J'ai contrôlé les résultats obtenus en employant cet appareil suivant les deux modes classiques de montage hétérostatique et idiostatique.

J'ai constaté que, pour un tube donné, cette différence de potentiel varie linéairement avec la pression d'admission, la pression d'échappement au condenseur restant sensiblement constante. Elle est d'autant plus élevée que la section du tube est plus forte, le débit étant dans les conditions de ces expériences proportionnel à la pression initiale.

La vitesse d'écoulement évaluée en mesurant l'eau débitée par la chaudière, en un temps donné, n'a pas atteint de grande valeur, en raison de la finesse des tubes.

J'ai remplacé alors les tubes de verre par des tuyères convergentes-divergentes à section circulaire, en matière isolante, de mêmes diamètres au col, et dont les profils ont été établis pour obtenir une détente progressive jusqu'à la pression d'échappement.

Si la vapeur, ou tout autre fluide compressible, s'écoule d'un réservoir où la pression est P dans une enceinte où règne une pression inférieure $p$, la pression au col de la tuyère ne s'abaisse que jusqu'à une pression qui ne peut être inférieure à la pression critique $P_c = 0,58 P$, pour la vapeur saturée. Si $p$ est plus petite que $0,58 P$, la vapeur se détend dans la partie divergente de $0,58 P$ à $p$. Dans le cas où la tuyère est évasée, c'est-à dire si l'ouverture du cône au sommet dépasse 10°, la veine de vapeur se décolle de la paroi et est le siège de mouvements vibratoires qu'on distingue nettement au son.

La différence de potentiel prend alors de grandes valeurs, plusieurs milliers de volts. Les mesures sont faites avec un voltmètre électrostatique industriel et j'ai constaté que, pour une tuyère donnée et une longueur déterminée de la masse du fluide comprise entre le col et l'endroit où l'on mesure la tension, la f. e. m. varie encore linéairement avec la pression.

La pression d'échappement $p$ étant constante, si l'on augmente la pression d'admission P, la pression critique augmente et atteint la valeur pour

laquelle la vapeur se détend dans la partie divergente quand la pression P est égal à $p/0,58 = 1,73\,p$. La vitesse dans le col de la tuyère varie alors très peu, mais la f. e. m. produite s'élève brusquement dès que la pression dépasse la pression critique. Il y a comme un amorçage de la tension qui monte très rapidement, *le rapport de la f. e. m.* E *à la différence de pression* $P_c - p$ *étant alors constant.*

Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

*Variation de la F. E. M. en fonction de la pression.*
Tuyère en bois bakélisé à ajutage conique divergent.
Diamètre au col : $1^{mm},5$. — Ouverture du cône : 15°.
L'échappement se fait à la pression atmosphérique ($p = 1000^{g}/cm^2$).
La vapeur se condense sur les parois d'un tuyau cylindrique ouvert.

| P abs (g/cm²). | P (g/cm²). | $P_c - p$ (g/cm²). | $\frac{p}{P}$. | I (g/sec). | $V_r$ (m/sec). | E (volts). | $\frac{E}{P_c - p}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1200 | – | – | 0,84 | très faible | | – | – |
| 1400 | – | – | 0,72 | 0,14 | 100 | – | – |
| 1600 | – | – | 0,63 | 0,28 | 180 | – | – |
| 1750 | 1010 | 10 | 0,58 | 0,56 | 314 | très faible | |
| 1900 | 1100 | 100 | 0,52 | 0,6 | 316 | 700 | 7 |
| 2000 | 1160 | 160 | 0,5 | 0,63 | 318 | 1200 | 7,5 |
| 2200 | 1270 | 270 | 0,45 | 0,71 | 320 | 2000 | 7,4 |
| 2500 | 1440 | 440 | 0,40 | 0,79 | 322 | 3000 | 6,8 |
| 3000 | 1730 | 730 | 0,33 | 0,95 | 326 | 5000 | 6,8 |

P est la pression absolue = la pression lue au manomètre + 1 kg/cm² (approximation suffisante);
$p$ est la pression d'échappement;
I est le débit de la vapeur en g/sec mesuré par la diminution de l'eau contenue dans la chaudière;
$V_r$ est la vitesse réelle de l'écoulement en m/sec calculée d'après la formule $V_r = I/\pi s$;
$\pi$ est le poids spécifique de la vapeur;
E est la différence de potentiel en volts.

On remarque ainsi que le *changement d'allure du phénomène électrique correspond au passage de l'écoulement du fluide en régime turbulent.* Ce régime s'établit brusquement et reste stable. La f. e. m. produite est en rapport avec les mouvements tourbillonnaires des particules du fluide.

En observant la tension en différents points d'un rayon d'une section de sortie du fluide, il semble que le phénomène soit localisé dans la couche limite. D'autre part, il est lié à la présence de gouttelettes d'eau dans la vapeur, une surchauffe de 30° supprimant complètement l'électrisation.

En même temps que la f. e. m. j'ai évalué la puissance produite, d'une part en notant le temps de charge d'un condensateur de capacité connue, d'autre part en faisant tourner un petit moteur électrostatique. J'ai constaté que la f. e. m. diminue avec la charge et il faut une plus grande pression pour obtenir la même tension en charge.

PHYSIQUE. — *Sur l'interférence des ondes radioélectriques courtes dans le cas de superpropagation.* Note de M. N. STOYKO, présentée par M. Ernest Esclangon.

En 1933, à l'occasion des travaux de détermination des longitudes mondiales, le Bureau international de l'Heure (B. I. H.) a enregistré, entre autres, les signaux rythmés émis par Saïgon sur $\lambda = 18^{m},51$ à $11^{h}$ t. m. Gr. A partir du 1er novembre la réception a présenté un phénomène curieux : chaque signal émis par Saïgon a donné, sur la bande du chronographe, deux signaux identiques se succédant à des intervalles très courts.

Le temps écoulé entre le début du premier signal enregistré et le début du second a été trouvé égal à $0^{s},06878$ de T. S. soit $0^{s},06859$ de T. M., d'après les résultats de réception du 1er novembre au 14 décembre inclus.

Le premier signal (direct) correspond aux ondes qui se sont propagées suivant le plus petit arc du grand cercle Saïgon-Paris; le second (indirect), aux ondes qui ont suivi le plus grand arc (ondes de superpropagation).

Si l'on suppose que les ondes se propagent le long de la surface du sol, on trouve comme différence entre les longueurs des deux chemins suivis $19739^{km},7$, ce qui correspond à une vitesse de 287000 km-sec. sid., soit à 287800 km-sec. m. Cette valeur est en bon accord avec celle trouvée en 1930 par M. R. Jouaust et nous-même par une méthode analogue (1).

Comme la durée des signaux rythmés de Saïgon ($0^{s},117$) est plus grande que l'intervalle séparant les arrivées de chacune des deux ondes, il y a, pendant un court instant, superposition de ces deux ondes. Cette superposition a donné lieu à un effet d'interférence que nous avons pu étudier.

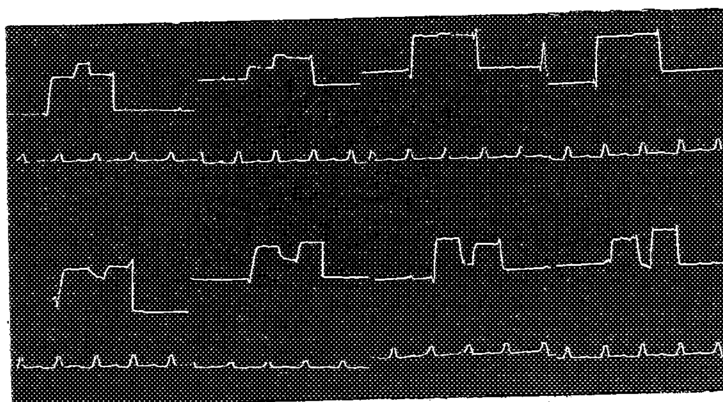
En premier lieu, quand les deux ondes arrivent en concordance de phases, chaque signal émis donne sur la bande une inscription en chapeau. La bosse de ce chapeau décèle l'accroissement d'amplitude provoqué

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1207.

par la superposition du signal direct et du signal indirect qui agissent dans le même sens, tandis que chacune des ailes correspond respectivement, la première au signal direct, seul; la seconde au signal indirect, seul.

En second lieu, quand il y a augmentation de la différence de phases des ondes directes et indirectes, la bosse du chapeau diminue de hauteur, puis s'abaisse au niveau des ailes pour ne plus donner que l'inscription d'un signal allongé.

Puis, quand la différence de phases des deux ondes augmente encore, il y



a un abaissement au milieu du signal allongé, dont la profondeur est variable suivant la différence de phases.

Enfin, quand les deux ondes arrivent en opposition de phases, on a, sur la bande, l'inscription de deux signaux, chacun d'une durée plus faible que la durée réelle du signal émis par Saïgon, et tous deux séparés par un trou qui correspond à la partie où il y a superposition des deux ondes.

Sur la figure, nous donnons les différentes phases enregistrées au B. I. H. sur un chronographe Boulitte, dont la bande se déroulait à la vitesse de $5^{cm}$ à la seconde de t. sid. Le tracé qui se trouve au-dessous de celui des signaux est l'inscription du temps. Les portions de droite comprises entre deux crochets consécutifs représentent des dixièmes de seconde, l'enregistrement de la pendule de comparaison se faisant au B. I. H. avec fractionnement automatique de la seconde au moyen d'un appareil à lampes dû à MM. Abraham et Planiol.

Le déplacement du poste récepteur des signaux doit changer la succession des interférences. En examinant les bandes de réception de mêmes signaux reçus simultanément à Paris et à Alger, nous avons trouvé parfois

la concordance des phases pour des signaux communs, mais, le plus souvent, les phases ont été différentes.

Sur la proposition de M. R. Jouaust, on a fait au B. I. H. la réception des signaux de Saïgon sur deux récepteurs éloignés de $50^m$ environ l'un de l'autre. Les résultats trouvés ont confirmé les conclusions précédentes sur le phénomène local des interférences.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques du cérium, du lanthane et du néodyme metalliques à diverses températures*. Note (1) de M. **F. Trombe**, transmise par M. Pierre Weiss.

Les éléments de terres rares utilisés dans cette étude (2) ont été refondus dans un creuset de fluorine (3) sous un vide élevé, ils sont spectrographiquement exempts de calcium et présentent des traces de silicium (de l'ordre de 0,05 pour 100; la teneur en fer varie de 0,02 à 0,005 pour 100). Ils paraissent plus purs que ceux dont on avait antérieurement étudié les propriétés magnétiques, en particulier le cérium de M. Owen (4) avait une densité différente de celle de mes échantillons et supérieure à la densité calculée par L. L. Quill (5). Les métaux étudiés par E. H. Williams (6), y compris le néodyme, avaient une susceptibilité fortement variable avec le champ.

L'appareil de mesures magnétiques est du type décrit par Foëx et Forrer (7). Pour les essais à différentes températures, le métal, contenu dans une capsule de quartz, est placé à l'intérieur d'un thermomètre à résistance d'or sensible à une fraction de degré; le thermomètre, solidaire de l'équipage mobile de l'appareil, pénètre dans la partie inférieure d'un cryostat (8) parcouru par un courant d'hydrogène pur.

Le cérium, le lanthane et le néodyme ont d'abord été étudiés dans différents champs à la température de 16°.

(1) Séance du 23 avril 1934.

(2) Maurice Billy et Félix Trombe, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 421; Félix Trombe, *Ibid.*, 194, 1932, p. 1653, et 196, 1933, p. 704.

(3) A. Damiens, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1235.

(4) *Annalen der Physik*, 37, 1912, p. 657.

(5) *Z. anorg. Chem.*, 208, 1932, p. 273.

(6) *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 218.

(7) *J. de Phys.*, 6e série, 7, 1926, p. 180.

(8) Paule Collet et G. Foëx, *J. de Phys.*, 7e série, 2, 1931, p. 290.

| | Champ voisin de | | |
|---|---|---|---|
| | 9300 gauss. | 7200 gauss. | 3000 gauss. |
| Lanthane $\chi.10^6$ .............. | 1,185 | 1,19 | 1,21 |
| Cérium $\chi.10^6$ ................ | 17,60 | 17,61 | 17,94 |
| Néodyme $\chi.10^6$ .............. | 39,51 | 39,55 | 39,48 |

Pour le cérium et le lanthane, on constate une légère diminution de $\chi$ en fonction du champ. Pour le néodyme, $\chi$ est sensiblement constant et l'on peut conclure à l'absence de fer libre dans le métal. L'étude magnétique à différentes températures est faite dans un champ constant voisin de 7000 gauss. Les résultats sont résumés dans les courbes suivantes [variation de $1/\chi$ en fonction de T (température absolue)].

A basse température, le cérium possède des propriétés magnétiques compliquées : 1° à 99° K. son coefficient d'aimantation passe de la valeur $53,8.10^{-6}$ dans 3000 gauss à la valeur $39,0.10^{-6}$ dans 7000 gauss; 2° il paraît exister deux états (*fig.* 1); le passage de l'un à l'autre a lieu à des

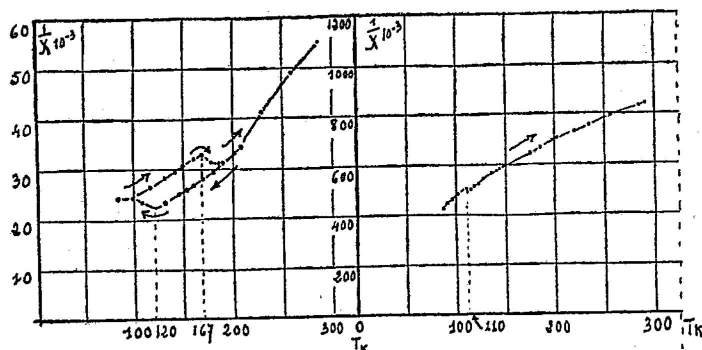



Fig. 1. Fig. 2.

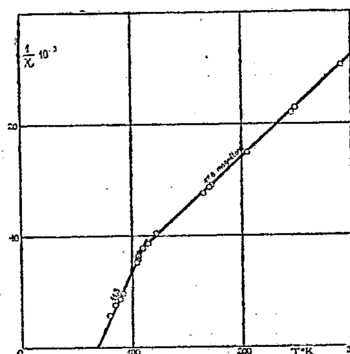



Fig. 3.

températures différentes à l'échauffement et au refroidissement. La transformation n'est pas accompagnée d'un dégagement de chaleur notable.

Le lanthane (*fig.* 2) possède un paramagnétisme très faible décroissant quand la température s'élève, un décrochement de la courbe, correspondant à environ 2 pour 100 de la valeur de $\chi$, se produit à 110° K.

Le néodyme, de la température ordinaire à 109° K., donne une droite parfaitement définie (le moment est égal à 17,8 magnétons de Weiss) ($\theta = +10°$K.). Après un coude brusque (109° K.) la variation paraît encore rectiligne jusqu'à 90° K. (11,3 magnétons) ($\theta = +70°$K.). On observe ensuite jusqu'au point d'ébullition de l'azote une croissance plus

lente de la susceptibilité. Il est intéressant de remarquer que le moment observé pour le métal (17,8 magnétons) est très voisin de celui qui a été mesuré par Gorter et de Haas ([1]) sur le sulfate hydraté $Nd^2(SO^4)^3.8H^2O$ (17,9 magnétons) et du nombre théorique relatif à l'ion $Nd^{+++}$ (18,0 magnétons).

Dans cet élément de la famille des terres rares, où le magnétisme est attribuable à une couche profonde, le moment du métal et de l'ion sont les mêmes, contrairement à ce qui se passe dans la famille du fer où l'ionisation altère la couche magnétique qui est superficielle.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la préparation du siliciure de calcium par électrolyse ignée.* Note ([2]) de M. **M. Dodero**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai pu obtenir le siliciure de calcium $CaSi^2$ par électrolyse ignée.

Ce siliciure n'avait pas encore été préparé par ce procédé; cependant Ruff et Plato ([3]) avaient constaté la formation accidentelle d'une combinaison de silicium et de calcium, en préparant le calcium par électrolyse prolongée du chlorure dans un creuset de porcelaine. Avec le dispositif déjà décrit à propos du silicate de lithium ([4]), j'ai électrolysé des bains obtenus en fondant des mélanges de silice, de carbonate de calcium, de fluorure et de chlorure de calcium.

Ainsi le mélange $SiO^2 + CaCO^3 + 2CaF^2 + 1/3\,CaCl^2$, qui donne, un peu au-dessus de 1000°, un bain homogène, limpide et stable, s'électrolyse facilement : on fait passer, pendant 2 heures, un courant de l'ordre de 25 ampères par centimètre carré. L'électrolyse terminée, on relève la cathode en laissant dans le creuset la boule cathodique qui s'est formée; puis on élève la température jusqu'à fusion de la boule, afin d'agglomérer, en globules fondus, les produits métalliques qu'elle contient. Certains de ces globules atteignent 10 à 15$^{mm}$ de diamètre; après refroidissement du bain, ils peuvent être facilement isolés.

L'analyse, que j'ai conduite d'après les indications de Wöhler et

---

([1]) *Phys. Lab. Leiden*, **218** *b*, 1931, p. 1.
([2]) Séance du 23 avril 1934.
([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 3612.
([4]) L. Andrieux et M. Dodero, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 753.

Schuff [1], montre que le produit renferme du silicium libre, du silicium combiné à du calcium et du silicium combiné à une petite quantité de fer, sous forme de $FeSi^2$.

Dans le tableau suivant figurent les résultats de plusieurs essais à des températures différentes. Pendant les électrolyses 4, 5, 6, le bain était recouvert d'une croûte solide, c'est pourquoi j'ai admis comme température d'électrolyse celle du début de solidification du mélange fondu, qui est voisine de 1000°.

*Composition du bain :* $SiO^2$, $CaO + 2CaF^2 + \frac{1}{3}CaCl^2$.

| N° de l'essai. | Température moyenne. | Intensité. | Durée. | Poids obtenu. | Silicium (%) libre. | Silicium (%) combiné à Ca. | Silicium (%) combiné à Fe. | Ca (%). | Fe (%). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ° | amp | h m | g | | | | | |
| 1........ | 1200 | 20 | 2.10 | 2 | 66,2 | 17,1 | 2,0 | 12,3 | 2,0 |
| 2........ | 1150 | 20 | 2.30 | 2,2 | 41,2 | 30,1 | 3,2 | 22,2 | 3,2 |
| 3........ | 1100 | 25 | 2.30 | 1,5 | 18,6 | 44,8 | 2,5 | 31,1 | 2,5 |
| 4........ | 1000 | 22 | 2.30 | 6 | 15,5 | 46,4 | 1,9 | 33,6 | 1,9 |
| 5........ | 1000 | 30 | 2 | 7 | 6,6 | 52,1 | 1,9 | 36,8 | 1,9 |
| 6........ | 1000 | 20 | 2 | 5 | – | 56,2 | 1,3 | 40,2 | 1,3 |

Ces résultats établissent que la combinaison de silicium et de calcium contenue dans le produit est le disiliciure $CaSi^2$, comme il ressort du tableau ci-dessous, dans lequel sont inscrits les pourcentages de silicium et de calcium combinés entre eux.

| | N°s des essais. 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | Calculé pour $CaSi^2$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ca combinés....... | 41,8 | 42,4 | 41,8 | 42,0 | 41,3 | 41,6 | 41,62 |
| Si combinés....... | 58,2 | 57,6 | 58,2 | 58,0 | 58,7 | 58,4 | 58,38 |

En résumé, l'électrolyse du silicate de calcium additionné de sels halogénés donne, dans les conditions où j'ai opéré, des alliages de silicium libre et de siliciure $CaSi^2$, la proportion de silicium libre diminuant avec la température. Il est intéressant de remarquer que l'on obtient, à 1000°, presque uniquement le composé $CaSi^2$.

(1) *Z. anorg. u. allg. Chem.*, 209, 1932, p. 34.

SPECTROSCOPIE. — *Étude du spectre infrarouge lointain du Soleil.* Note (¹) de M. J. **Devaux**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les expérimentateurs de la *Smithsonian Institution* ont étudié avec beaucoup de soins le spectre infrarouge proche du Soleil. Par contre on s'est peu occupé du spectre plus lointain, vers $10^{\mu}$. Cependant A. Angström a signalé dans cette région une forte bande d'absorption due à l'ozone atmosphérique, bande qui a été retrouvée par Fowle.

J'ai dernièrement étudié, au Pic du Midi, cette région du spectre solaire, à l'aide d'un spectrographe à prisme de sel gemme et à miroirs en acier inoxydable. Le récepteur était une pile thermoélectrique simple cuivre-constantan, que j'ai ensuite remplacée avantageusement par un couple *cuivre-tellure* donnant une force électromotrice 10 fois plus grande. Un héliostat polaire et un miroir concave permettaient de former une image du Soleil sur la fente du spectrographe. La pile thermoélectrique était reliée, par des fils isolés sur ébonite, à un galvanomètre sensible, dont les déviations étaient enregistrées photographiquement.

Comme je me proposais principalement de déterminer le facteur d'absorption pour la bande de $10^{\mu}$, j'ai rencontré les deux difficultés suivantes :

1° La dérive du galvanomètre réduit beaucoup la précision, si l'on ne fait pas de déterminations très fréquentes du zéro. J'ai utilisé avantageusement un montage à résonance sans amplification (un obturateur commandé par un pendule de même période que le galvanomètre coupait périodiquement le flux à mesurer).

2° Les radiations de courte longueur d'onde, diffusées par le spectrographe, nécessitaient au début une forte correction. J'ai éliminé ces radiations parasites :

*a.* en utilisant des miroirs en acier dont le pouvoir réflecteur est plus élevé pour les grandes longueurs d'onde que pour les petites; le faisceau subissait au total 9 réflexions;

*b.* en interposant sur le faisceau un certain nombre de lame de *sel gemme dépoli* (jusqu'à 5 lames). L'expérience m'a montré que de telles lames ont un facteur de transmission également très sélectif.

J'arrivai ainsi à éliminer pratiquement les rayonnements parasites, sans

(¹) Séance du 16 avril 1934.

avoir recours à un spectrographe double. On pouvait obtenir tout le spectre solaire sur une seule feuille d'enregistrement, sans changer la sensibilité du montage; les déviations produites par le spectre visible étaient même inférieures à celles que produisaient les radiations voisines de $10^{\mu}$, bien que l'énergie incidente soit probablement dans cette région des milliers de fois plus grande que dans celle de $1^{\mu}$.

J'ai ainsi étudié en novembre et décembre 1933, à l'Observatoire du Pic du Midi ($2860^{m}$) le spectre solaire par ciel pur et pour *des tensions de vapeur d'eau très faibles*. J'ai trouvé les bandes d'absorption suivantes :

1° La grande bande due à la vapeur d'eau entre 6 et $7^{\mu}$. Dans cette région, l'absorption est très grande, mais pas totale, comme on pouvait s'y attendre, d'après les résultats que Fowle a obtenu en laboratoire.

2° La bande de $10^{\mu}$, due à l'ozone, dont la profondeur varie avec la hauteur du Soleil. L'absorption est presque totale au voisinage de l'horizon. A midi, elle était encore voisine de 60 pour 100; et, comme la vapeur d'eau absorbe excessivement peu dans cette région, cette bande pourrait permettre de doser l'ozone atmosphérique sans avoir à faire de correction. Je compte reprendre l'étude de cette bande à une époque plus favorable.

3° Après la grande bande due à la vapeur d'eau, à l'endroit où la courbe remonte brusquement, j'ai constaté l'existence d'une bande, qui n'avait pas encore été signalée, à ma connaissance, et que je ne puis identifier d'une manière certaine. Il s'agit peut-être de la bande de $7^{\mu},39$, due également à l'ozone, et étudiée en laboratoire par Sherman L. Gerhard (¹).

PHOSPHORESCENCE. — *Action de l'effluve électrique sur certains corps phosphorescents*. Note de M. **René Coustal**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré (²) que l'effluve électrique pouvait, dans certaines conditions, provoquer des augmentations ou des diminutions d'éclat sur des écrans phosphorescents fabriqués avec certains sulfures alcalino-terreux.

J'ai repris quantitativement l'étude de ces phénomènes, et particulièrement, j'ai étudié la décroissance au cours du temps de la phospho-

(¹) *Physical Review*, 2e série, 42, v, 1932, p. 622.
(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1403.

rescence ainsi surilluminée et sous-illuminée, en la comparant à celle d'un écran n'ayant subi aucune action électrique.

Les écrans étaient placés sur des plateaux de bois reliés aux pôles d'une machine statique, et l'effluve était produit en passant rapidement les doigts sur la surface de l'éeran, cela un nombre suffisant de fois pour obtenir la saturation, ce que l'on reconnaît à la stabilité de l'extinction partielle (ou de la surillumination, selon la polarité). Après saturation, les écrans sont posés sur un plateau non relié à la machine, à côté d'écrans n'ayant subi aucun traitement électrique.

Le rapport des intensités lumineuses était mesuré au moyen du coin phosphorométrique (instrument consistant essentiellement en un photomètre à coin optique étalonné).

Dans ces conditions, j'ai trouvé que les rapports des intensités lumineuses de trois écrans identiques, préalablement excités par la même source lumineuse restent constants au cours du temps, même si l'un des trois écrans a été sous-illuminé et un autre surilluminé par le procédé ci-dessus.

Il y a donc pour des écrans ayant subi une même excitation initiale trois courbes de décroissance possibles que je désignerai sous les noms de courbes moyenne, inférieure et supérieure; correspondant respectivement au sulfure non effluvé, au sulfure sous-illuminé et au sulfure surilluminé (à saturation).

A un instant quelconque de la décroissance, on peut faire passer la phosphorescence d'un écran non effluvé d'un point de la courbe moyenne au point correspondant d'une des courbes inférieure ou supérieure, au choix, en soumettant l'écran à l'action de l'effluve sur l'un ou l'autre des deux plateaux reliés à la machine.

On peut, de la même façon, faire passer la phosphorescence d'un point de la courbe inférieure au point correspondant de la courbe supérieure, ou bien la faire passer d'un point de la courbe supérieure au point correspondant de la courbe inférieure.

Par contre, une fois que l'on a quitté la courbe moyenne pour l'une des deux autres, il est devenu impossible d'y revenir électriquement sans soumettre l'écran à une nouvelle excitation lumineuse.

Les choses semblent se passer comme si les centres lumineux du sulfure phosphorescent étaient susceptibles de se trouver dans deux états différents, l'effluve ayant pour effet de faire passer les centres d'un de ces états dans

l'autre; et l'exposition à la lumière rétablissant une proportion constante entre le nombre des centres se trouvant dans chacun des deux états.

Cette proportion dépendrait d'ailleurs de la qualité de la lumière ayant servi à l'illumination des écrans.

POLARISATION ROTATOIRE. — *Configuration de quelques complexes hexacoordinés optiquement actifs*. Note [1] de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

La série des complexes de triéthylènediamine, du type $[Me(en)^3]Cl^3$ et la série des métallotrioxalates, du type $[Me(C^2O^4)^3]K^3$, (Me = Cr, Co, Rh, Ir), ont fait depuis Werner l'objet de recherches étendues. L'isomérie optique de ces composés s'interprète par le schéma octaédrique connu. Les deux structures ioniques énantiomorphes que l'on peut ainsi réaliser possèdent des activités optiques égales en valeur absolue et de signes contraires. Déterminer la configuration absolue du complexe, c'est reconnaître laquelle des deux structures possède un signe donné d'activité optique. Sous cette forme, le problème ne peut actuellement recevoir de solution expérimentale; mais on peut comparer entre eux les divers termes d'une série qui ne diffèrent que par la nature de l'atome central Me, et chercher un indice d'analogie de la configuration.

Werner [2] attribue, dans une même série, une structure semblable aux ions dont les sels ont la même solubilité relative. On trouve alors que des ions de même configuration peuvent avoir des pouvoirs rotatoires de signes opposés pour la raie D. Ainsi dans la série triéthylènediamine, les chloro-*d*-tartrates les moins solubles sont respectivement ceux des ions $l[Rh(en)^3]$ et $d[Co(en)^3]$; de même les trioxalates de strychnine les moins solubles sont ceux des ions $l[Co(C^2O^4)^3]$ et $d[Rh(C^2O^4)^3]$. Ces ions auraient donc des configurations correspondantes. Pour M. Jaeger, au contraire, ces ions ont des configurations différentes, car leurs sels ne possèdent ni la même forme cristalline, ni le même nombre de molécules d'eau de cristallisation [3].

MM. Delépine et Charonnat [4], en même temps qu'ils proposent une explication des faits observés par M. Jaeger, se fondent sur la formation de racémiques actifs entre les sels de $[Rh(en)^3]$ et $[Co(en)^3]$ de même signe optique pour se rallier à l'opinion de Werner. Ce même thème, pour les métallotrioxalates de K, a été développé

---

(1) Séance du 23 avril 1934.

(2) *Bull. Soc. chimique*, **11**, 1912, p. 1.

(3) *Rec. Tr. chim. Pays-Bas*, **38**, 1919, p. 196.

(4) *Bull. Soc. fr. Minéralogie*, **53**, 1930, p. 73.

récemment au congrès de Chimie pure et appliquée de Madrid par M. Delépine, pour la comparaison des dérivés de Cr, Co, Rh, Ir.

Dans ce qui précède, on a comparé l'activité optique des corps étudiés pour la raie D. Or la dispersion rotatoire de ces composés présente diverses anomalies pouvant aller jusqu'au changement de signe, et qui sont toutes, on le sait, sous la dépendance plus ou moins directe de l'absorption lumineuse. Ces composés ont par ailleurs des spectres d'absorption visible et ultraviolet semblables, dans lesquels on distingue généralement une bande de grande longueur d'onde dont la position dépend de la nature de l'atome central.

Une comparaison rationnelle de l'activité optique des composés d'une même série consiste donc à chercher l'influence de cette bande sur le pouvoir rotatoire ([1]), c'est-à-dire le sens de l'anomalie de rotation qu'elle produit (effet Cotton), ou mieux le signe du dichroïsme circulaire dans la bande d'absorption. C'est ce que l'on a fait ici pour quelques complexes.

Je suis redevable à M. Delépine de m'avoir procuré les sels nécessaires ou guidé dans leur préparation.

Les nombres suivants donnent les pouvoirs dichroïques moléculaires $[\Delta] = \delta . 100/cd$ ($\delta$ = ellipticité mesurée; $c$ = concentration en molécules-gramme par litre; $d$ = épaisseur en centimètres) et les coefficients d'absorption $k$ définis par $k = 1/cd . \log_{10} I_0/I$.

$[Co(en)^3] Br^3 + 2H^2O$. Chloro-$d$-tartrate le moins soluble.
$c = 4,73.10^{-3}$, $[M]_D = +620°$.

| $\lambda_{m\mu}$ | 546. | 530. | 523. | 502. | 492. | 480. | 455. | 436. | 400. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [Δ] | +335° | +2200 | +3200 | +5450 | +5600 | +4400 | 0 | −200 | 0 |
| log $k$ | – | 0,8 | 1,08 | 1,62 | 1,76 | 1,82 | 1,50 | 1,2 | – |

$[Rh(en)^3] I^3 + 1H^2O$. Chloro-$d$-tartrate le moins soluble.
$c = 7,70.10^{-3}$, $[M]_D = -335°$.

| λ | 350. | 343. | 337. | 331. | 321. | 317. | 310. | 302. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [Δ] | 0° | +700 | +1420 | +2340 | +3740 | +3900 | +4500 | +4000 env. |
| log $k$ | 1,4 | 1,65 | 1,75 | 1,85 | – | 2,0 | 2,2 | 2,1 |

$[Ir(C^2O^4)^3]K^3 + 2H^2O$. Sel de strychnine le moins soluble.
$c = 4,11.10^{-3}$, $[M]_D = +510°$ ([2]).

| λ | 546. | 520. | 492. | 480. | 453. | 436. | 431. | 415. | 407. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [Δ] | +100° | +480 | +900 | +2100 | +2900 | +1950 | +1450 | +1300 | +1100 |
| log $k$ | – | 0,5 | 0,75 | 1,02 | 1,50 | 1,85 | 1,90 | 2,08 | 2,15 |

---

([1]) W. Kuhn et K. Bein, *Zeit. für anorg. Chemie*, **216**, 1934, p. 321.

([2]) M. G. Bruhat (*Bull. Soc. chim.*, **17**, 1915, p. 223) a fait des mesures oculaires de [Δ] jusqu'à 450 mμ.

$[Rh(C^2O^4)^3]K^3 + 2H^2O$. Sel de strychnine le moins soluble.
$c = 5,89.10^{-3}$, $[M]_D = +30°$.

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| λ..... | 546 | 492. | 475. | 460. | 453. | 436. | 407. | 397. | 374. | 361. | 352. |
| [Δ].... | 0° | +870 | +2170 | +4100 | +4350 | +7100 | +9900 | +9550 | +6400 | +2950 | +2300 |
| log k... | – | – | 1,40 | 1,61 | 1,85 | 2,16 | 2,50 | 2,50 | 2,40 | 2,32 | 2,40 |

Les mesures de W. Kuhn et K. Bein (*loc. cit.*) sur $[Co(C^2O^4)^3]K^3$ ont montré que, pour le sel de strychnine le moins soluble, [Δ] est positif pour la bande dans l'orangé, avec $[M]_D = -6000°$. Quel que soit donc le signe de $[M]_D$, les complexes de Co et Rh d'une même série qui présentent les mêmes relations de solubilité ont un effet Cotton de même signe dans la bande de plus grande longueur d'onde.

Ainsi, que l'on prenne pour guide dans la détermination de la structure la solubilité ou l'activité optique mesurée par l'effet Cotton, on parvient pour les complexes étudiés à la même classification. Il n'est besoin ni de rejeter la règle des solubilités, comme le faisait M. Jaeger, ni d'admettre avec Werner que le signe de la rotation est dû à une influence spécifique du métal central.

POLARIMÉTRIE. — *Pouvoir rotatoire des tartrates alcalino-terreux.* Note de M. **Ivan Peychès**, présentée par M. Ch. Fabry.

Il a été montré [1] que les courbes pouvoir rotatoire-concentration des solutions aqueuses de tartrates alcalins tendaient toutes vers un même point lorsque la dilution devenait suffisante; pour la radiation verte du mercure, le pouvoir rotatoire spécifique de l'ion tartrique supposé seul en solution infiniment diluée était ainsi trouvé égal à $[\alpha]^{T^{--}}_{V,20°} = 45°,7$. A partir de cette valeur, lorsque la concentration croît, le pouvoir rotatoire spécifique augmente constamment pour les tartrates de césium, de rubidium et de potassium, et passe par un maximum pour les tartrates de sodium et de lithium. Ce maximum est plus rapidement atteint pour le lithium (40/1000 mol/l) que pour le sodium (200/1000 mol/l).

Par raison de continuité, à cause des analogies que présente dans de nombreux domaines le lithium avec les alcalino-terreux, nous avions pensé que les courbes des tartrates alcalino-terreux devaient montrer une branche descendante dès les concentrations les plus faibles. Or les tar-

(1) *J. de Phys.*, 7e série, 4, x, 1933, p. 594.

trates alcalino-terreux sont extrêmement peu solubles dans l'eau; aussi leur pouvoir rotatoire en solution semble n'avoir jamais étudié directement. M. Darmois a proposé une méthode d'étude consistant à additionner des quantités croissantes d'un sel neutre alcalino-terreux (par exemple chlorure) à du tartrate de sodium (¹). Il étudie ainsi l'effet de l'ion de la concentration du cation lourd en admettant que l'effet de l'ion sodium et de l'anion du sel neutre est négligeable. Pour pouvoir mesurer directement le pouvoir rotatoire de ces tartrates, la méthode de mesure qui nous avait permis d'atteindre, pour les sels alcalins, la concentration du millième de mol/l a été modifiée comme suit :

Le tube polarimétrique de 3ᵐ de longueur porte à l'unc de ses extrémités, latéralement, un ballon en communication avec l'extérieur. Le tube et le ballon sont emplis d'eau puis vidés de telle manière que soit admis dans les deux récipients seulement de l'air privé de gaz carbonique par passage sur de la chaux sodée. Le tube est alors rempli d'eau distillée et récemment portée à l'ébullition. Par rotation du tube autour de son axe le liquide est amené dans le ballon; la tubulure extérieure reçoit les extrémités de deux burettes contenant : l'une une solution titrée d'acide tartrique, l'autre une solution titrée de base alcalino-terreuse maintenue en atmosphère décarbonatée. Après introduction des quantités calculées, les burettes sont retirées; la solution est homogénéisée par agitation dans le ballon et réintroduite dans le tube sans avoir jamais été en contact avec l'atmosphère du laboratoire. Ces précautions sont absolument nécessaires, les plus faibles traces de carbonatation devenant extrêmement gênantes sous l'épaisseur de 3ᵐ que nous utilisons.

Si la concentration en tartrate ne dépasse pas 20/1000 mol/l la précipitation ne commence, à 20°, qu'au bout de quelques heures; nous avons même pu maintenir sursaturées des solutions de tartrates de baryum et de strontium à 40/1000 de mol/l pendant le temps nécessaire aux mesures.

Voici les résultats, rapportés à l'ion tartrique, pour la raie Hg 546 :

| Conc. en 1/1000 mol/l. | T. Ca. | | T. Sr. | | T. Ba. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $[\alpha]^{T--}_{v,20°}$. | $\rho = \alpha_j/\alpha_i$. | $[\alpha]^{T--}_{v,20°}$. | $\rho = \alpha_j/\alpha_i$. | $[\alpha]^{T--}_{v,20°}$. | $\rho = \alpha_j/\alpha_i$. |
| 1 | 44°,8 | – | – | – | 44°,0 | – |
| 2 | 44,3 | – | 43°,5 | – | 42,0 | – |
| 4 | 43,5 | – | 42,5 | – | 40,0 | – |
| 8 | 42,5 | – | 41,0 | – | 38,3 | – |
| 12 | 41,7 | 1,68 | 40,1 | 1,76 | 37,2 | 1,72 |
| 20 | – | – | 39,0 | 1,75 | 35,8 | 1,70 |
| 30 | – | – | 38,0 | – | 34,8 | 1,69 |
| 40 | – | – | 37,7 | – | 34,3 | 1,60 |

(¹) *Ann. de Phys.*, 10ᵉ série, **10**, 1928, p. 91.

Les courbes pouvoir rotatoire-concentration tracées à partir de ces nombres se présentent dans le même ordre et avec la même allure que celles qu'avaient déterminées M. Darmois en fonction de la concentration en ions alcalino-terreux. L'ordre dans lequel se présentaient les courbes des tartrates alcalins était bien en accord avec l'ordre des rayons ioniques croissants (en solution dans l'eau), ce qui nous avait permis d'esquisser une explication faisant intervenir le potentiel ionique de Debye, et tenant compte de la différence des rayons des anions et des cations ([1]). Pour les alcalino-terreux, il n'en est pas ainsi, comme le montre le tableau ci-dessous où les cations sont classés suivant l'ordre dans lequel ils se présentent dans nos courbes :

| | Cs. | Rb. | K. | Na. | Li. | Ca. | Sr. | Ba. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $r^{Å}_{(H^2O)}$ ([2]) ........... | 1,17 | 1,17 | 1,22 | 1,79 | 2,30 | 3,05 | 3,04 | 2,83 |

Nous avons cherché une explication dans le fait que les tartrates alcalino-terreux sont très peu dissociés comparativement aux tartrates alcalins. Nous avons mesuré les conductivités des différents tartrates dans la zone intéressante et calculé le degré de dissociation (au sens ancien du mot) par la formule $\Lambda/\Lambda_\infty$, en admettant pour $\Lambda_\infty$ les valeurs données par Paul ([3]).

| Conc. en 1/1000 mol-l. | T Na². $\Lambda_\infty = 99,6$. | | T Ca. $\Lambda_\infty = 112,2$. | | T Sr. $\Lambda_\infty = 115$. | | T Ba. $\Lambda_\infty = 117$. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20... | $\Lambda = 73$ | $\delta = 73$ % | $\Lambda = 40$ | $\delta = 36$ % | $\Lambda = -$ | $\delta = -$ % | $\Lambda = 37$ | $\delta = 32$ % |
| 10... | 77 | 77 | 46 | 41 | 45 | 39 | 44 | 38 |
| 5... | 82 | 82 | 54 | 48 | 52 | 45 | 52 | 44 |
| 1... | 90 | 90 | 75 | 67 | 73 | 64 | 70 | 60 |

Nous admettons alors que nous avons en solution un mélange : 1° d'ions créant un potentiel ionique et y étant soumis; 2° de molécules à pouvoir rotatoire et à dispersion plus faibles; le pouvoir rotatoire de ces dernières croissant dans l'ordre des déformations croissantes des cations liés, dont les rayons varient maintenant dans l'ordre : Ca : 1,02 — Sr : 1,20 — Ba : 1,40 (rayons cristallins) ([2]).

---

([1]) Peychès, *loc. cit.*, p. 607.

([2]) Cf. Hartley et Raikes, *Trans. Faraday Soc.*, **23**, 1927, p. 393-396.

([3]) *Zeits. f. Elektrochemie*, **21**, 1915, p. 543.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le spectre magnétique des rayons β émis par le* ThB + C + C′ + C″. Note de M. **R. Arnoult**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons repris l'étude, par la méthode de focalisation, de l'énergie et de l'intensité des raies du spectre magnétique des rayons β du dépôt actif de thorium, en prenant pour raie étalon la raie très intense du ThB, pour laquelle nous avons déterminé la valeur absolue de l'énergie [1]

$$E = 1,4683 . 10^5 \text{ eV} \qquad (HR = 1381,5 \text{ gauss-cm}).$$

TABLEAU I.

| Nom de la raie. | $\frac{HR}{HR_F}$. | HR. | Énergie en $10^5$ eV. | Intensité photographique. | Intensité réelle. | Origine. | Énergie des niveaux en $10^5$ eV. | Énergie des rayonnements γ en $10^5$ eV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $B_d$... | 0,5950 | 821,9 | 0,5638 | 0,60 | 0,90 | $L_I$ | 0,1635 | 0,7273 |
| C.... | 0,6017 | 831,2 | 0,5771 | 1,20 | 1,70 | $L_{II}$ | 0,1570 | 0,7341 |
| $C_2$... | 0,6090 | 841,3 | 0,5888 | 0,10 | 0,20 | | | |
| $C_a$... | 0,6130 | 846,8 | 0,5985 | 0,45 | 0,55 | $L_I$ et $L_{III}$ | 0,1635 et 0,1340 | 0,7620 et 0,7325 |
| D.... | 0,6178 | 853,5 | 0,6052 | 1,00 | 1,30 | $L_{II}$ | 0,1570 | 0,7622 |
| $D_a$... | 0,6321 | 873,2 | 0,6317 | 0,40 | 0,50 | $L_{III}$ | 0,1340 | 0,7657 |
| $D_b$... | 0,6635 | 916,5 | 0,6934 | 0,25 | 0,25 | $M_I$ | 0,0400 | 0,7334 |
| $D_c$... | 0,6640 | 917,3 | 0,7002 | 0,20 | 0,20 | $M_{III}$ | 0,0317 | 0,7319 |
| $D_e$... | 0,6792 | 938,3 | 0,7245 | 0,40 | 0,40 | $M_I$ | 0,0400 | 0,7645 |
| $D_{f_2}$... | 0,7000 | 967,1 | 0,7655 | 0,15 | 0,15 | K | 0,9000 | 1,6655 |
| $D_g$... | 0,7375 | 1018,8 | 0,8437 | 0,80 | 0,70 | K | 0,9000 | 1,7437 |
| E.... | 0,7270 | 1101,1 | 0,9739 | [1,30] | 0,93 | $L_I$ | 0,1635 | 1,1374 |
| $E_a$... | 0,7977 | 1102,2 | 0,9767 | 0,10 | 0,08 | $L_{II}$ | 0,1570 | 1,1337 |
| $E_b$... | 0,8400 | 1173,0 | 1,0948 | 0,30 | 0,22 | $M_I$ | 0,0400 | 1,1348 |
| $E_{b_1}$... | 0,8650 | 1195,0 | 1,1217 | 0,10 | 0,08 | $N_I$ | 0,0096 | 1,1313 |
| F.... | 1 | 1381,5 | 1,4688 | [100] | 75,7 | K | 0,9000 | 2,3688 |
| $F_a$... | 1,0431 | 1440,3 | 1,5812 | 0,20 | 0,16 | K et $L_I$ | 0,9000 et 0,1635 | 2,4812 et 1,7447 |
| H.... | 1,2196 | 1684,9 | 2,0760 | [2,9] | 2,66 | K | 0,9000 | 2,9760 |
| I.... | 1,2640 | 1746,2 | 2,2072 | [11,0] | 10,70 | $L_I$ | 0,1635 | 2,3707 |
| $I_{a_2}$... | 1,2650 | 1747,6 | 2,2098 | 1,00 | 0,93 | $L_{II}$ | 0,1570 | 2,3668 |
| $I_{a_1}$... | 1,2721 | 1757,5 | 2,2341 | 0,20 | 0,19 | $L_{III}$ | 0,1340 | 2,3681 |
| $I_{a_2}$... | 1,2997 | 1795,6 | 2,3149 | 0,10 | 0,09 | $L_I$ | 0,1635 | 2,4729 |
| J.... | 1,3043 | 1801,9 | 2,3278 | [2,40] | 2,37 | $M_I$ | 0,0400 | 2,3678 |
| $J_a$.... | 1,3116 | 1811,6 | 2,3531 | 0,60 | 0,58 | $N_I$ | 0,0096 | 2,3627 |

(1) *Journal de Physique et Le Radium*, 5, 1934, p. 67.

L'ensemble du spectre magnétique des rayons $\beta$ émis dans la transformation $ThB \rightarrow ThC$ est donné dans le Tableau I ([1]).

L'analogie de la région $B_d - D_g$ avec la partie correspondante du spectre de $RaB + C$ ([2]) conduit à penser que la plupart des lignes de cette région sont dues à la réorganisation électronique de l'atome 83 après ionisation de la couche K par un quantum $\gamma$.

Le Tableau II comprend l'énergie et la longueur d'onde des deux rayons X, $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$, de l'atome 83 et des cinq rayonnements $\gamma$ émis dans la transformation $ThB \rightarrow ThC$.

TABLEAU II.

| Nom du rayonnement $\gamma$. | Énergie en $10^5$ eV. | $\lambda$ en U.X. | Nom du rayonnement $\gamma$. | Énergie en $10^5$ eV. | $\lambda$ en U.X. |
|---|---|---|---|---|---|
| $\gamma_H$........ | 2,976 | 41,47 | $\gamma_E$........ | 1,134 | 108,84 |
| $\gamma_{F_a}$....... | 2,480 | 49,76 | $k_{\alpha_1}$........ | 0,763 | 161,76 |
| $\gamma_F$........ | 2,367 | 52,14 | $k_{\alpha_2}$........ | 0,732 | 168,61 |
| $\gamma_{D_g}$....... | 1,744 | 70,77 | | | |

La somme des énergies des rayonnements $\gamma_H$ et $\gamma_E$ est égale à la somme des énergies des radiations $\gamma_{D_g}$ et $\gamma_F$ :

$$\gamma_H + \gamma_E = 4,110.10^5 \text{ eV}, \qquad \gamma_{D_g} + \gamma_F = 4,110.10^5 \text{ eV},$$

ce qui conduit à considérer, pour l'atome ThB, trois niveaux nucléaires d'énergie 113,4 ekV, 236,7 ekV et 411 ekV.

L'ensemble du spectre magnétique des rayons $\beta$ émis par le $ThC + C' + C''$ est donné dans le Tableau III.

TABLEAU III.

| Nom de la raie. | HR/HRF. | HR. | Énergie en $10^5$ eV. | Intensité photographique. | Intensité réelle. | Transformation. | Origine. | Énergie des niveaux en $10^5$ eV. | Énergie des rayons $\gamma$ en $10^5$ eV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A........ | 0,3870 | 534,6 | 0,2456 | [6,0] | 25,0 | $ThC \rightarrow ThC''$ | $L_I$ | 0,153 | 0,3986 |
| $A_1$....... | 0,3892 | 537,7 | 0,2482 | 0,2 | 0,8 | – | – | – | – |
| $A_a$....... | 0,3928 | 542,6 | 0,2528 | 0,6 | 2,5 | $ThC \rightarrow ThC''$ | $L_{II}$ | 0,147 | 0,3998 |
| $A_b$....... | 0,4077 | 563,3 | 0,2725 | 0,1 | 0,4 | $ThC \rightarrow ThC''$ | $L_{III}$ | 0,126 | 0,3985 |
| B........ | 0,4716 | 651,5 | 0,3614 | [4,1] | 12,0 | $ThC \rightarrow ThC''$ | $M_I$ | 0,037 | 0,3984 |
| $B_a$....... | 0,4754 | 656,8 | 0,3656 | 0,1 | 0,3 | $ThC \rightarrow ThC''$ | $M_{II}$ | 0,034 | 0,3996 |
| $B_b$....... | 0,4901 | 677,3 | 0,3896 | 1,0 | 2,5 | $ThC \rightarrow ThC''$ | $N_I$ | 0,009 | 0,3986 |

([1]) La notation employée est celle proposée par Ellis (*Nature*, **129**, 1932, p. 276).

([2]) ELLIS, *Proc. Roy. Soc.*, A, **138**, 1932, p. 330.

TABLEAU III (*suite*).

| Nom de la raie. | HR/HRF. | HR. | Énergie en $10^5$eV. | Intensité photographique. | Intensité réelle. | Transformation. | Origine. | Énergie des niveaux en $10^5$eV. | Énergie des rayons γ en $10^5$eV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $B_c$ | 0,4969 | 686,5 | 0,3984 | 0,2 | 0,5 | ThC → ThC″ | o | 0,001 | 0,3994 |
| $D_H$ (*) | 0,7675 | 1060,3 | 0,9085 | 0,10 | 0,08 | – | – | – | – |
| $E_{a_1}$ (*) | 0,8278 | 1143,6 | 1,0444 | 0,10 | 0,08 | – | – | – | – |
| $E_{b_2}$ | 0,8946 | 1235,9 | 1,2027 | 0,20 | 0,16 | ThC″ → Pb | K | 0,8750 | 2,0777 |
| $E_c$ | 0,9030 | 1247,5 | 1,2231 | 0,20 | 0,16 | – | – | – | – |
| $E_{c_1}$ | 0,9270 | 1280,7 | 1,2829 | 0,10 | 0,08 | – | – | – | – |
| $E_d$ | 0,9807 | 1354,9 | 1,4187 | 0,10 | 0,08 | – | – | – | – |
| $F_1$ | 1,0306 | 1423,8 | 1,5495 | 0,10 | 0,08 | – | – | – | – |
| $F_b$ | 1,0591 | 1463,1 | 1,6256 | 0,40 | 0,34 | – | – | – | – |
| $F_{b_1}$ | 1,0774 | 1488,4 | 1,6771 | 0,10 | 0,09 | – | – | – | – |
| G | 1,1491 | 1587,5 | 1,8742 | [3,0] | 2,46 | ThC″ → Pb | K | 0,8750 | 2,7492 |
| $G_1$ | 1,1649 | 1609,3 | 1,9202 | 0,10 | 0,09 | ThC″ → Pb | $L_1$ | 0,1582 | 2,0782 |
| $G_a$ | 1,1940 | 1649,5 | 2,0025 | 0,45 | 0,44 | ThC → ThC″ | K | 0,852 | 2,8545 |
| $H_1$ | 1,2262 | 1694,0 | 2,0959 | 0,20 | 0,18 | ThC → ThC″ | K | 0,852 | 2,9479 |
| $J_{a_1}$ | 1,3275 | 1833,9 | 2,3986 | 0,10 | 0,09 | ThC → ThC″ | K | 0,852 | 3,2506 |
| $J_b$ | 1,3898 | 1920,1 | 2,5901 | 0,20 | 0,20 | ThC″ → Pb | $L_1$ | 0,1582 | 2,7483 |
| $J_{b_3}$ | 1,4080 | 1945,1 | 2,6454 | 0,10 | 0,10 | – | – | – | – |

(*) Ces raies, signalées par Sze Shih-Yuan (1), n'avaient pas été retrouvées par Ellis.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode d'analyse capillaire.* Note (2) de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La tension superficielle qui s'exerce à la surface de séparation de l'eau et d'un liquide non miscible à l'eau (benzine ou huile de vaseline) est abaissée par la présence de base ou d'acide dans la phase aqueuse. L'abaissement par les alcalis devient énorme, comme l'a montré Donnan en 1899 (3), si le liquide organique tient en solution une petite quantité d'acide stéarique, ou d'un acide gras analogue.

Pour mettre ces phénomènes en évidence, on peut faire écouler lentement

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2207.
(2) Séance du 16 avril 1934.
(3) *Zeits f. Phys. Chem.*, 31, 1899, p. 42.

au sein de l'eau une solution d'acide stéarique dans la benzine, et compter le nombre des gouttes correspondant à un volume invariable. J'ai pu baser sur ce principe une méthode d'acidimétrie qui a fait l'objet de Communications antérieures ([1]). Toutefois il était impossible, par ce moyen ou par des moyens analogues, de distinguer les milieux acides des milieux neutres.

Cette restriction peut aujourd'hui être levée : on a, en effet, récemment

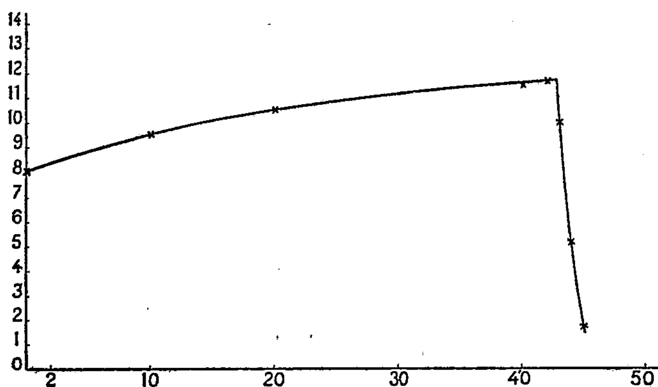



Fig. 1.

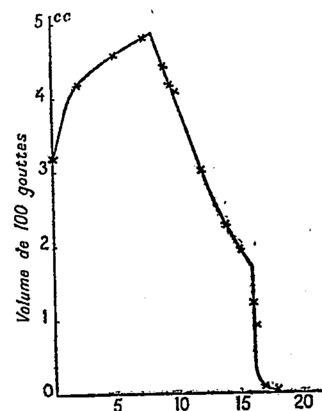
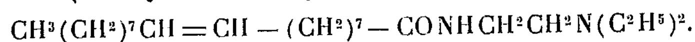



Fig. 2.

décrit sous le nom de sapamine une base dont les sels sont solubles et abaissent dans des proportions énormes la tension superficielle de l'eau ([2]).

A cette base (diéthylamino-éthyloleilamide) on attribue la formule



$$CH^3(CH^2)^7CH = CH - (CH^2)^7 - CONHCH^2CH^2N(C^2H^5)^2.$$

Si l'on dissout ce corps dans la benzine à la concentration de 0,5 pour 100, on observe une chute rapide de la tension, vis-à-vis de liqueurs de plus en plus acides.

| Concentration en acide chlorhydrique (molécules-grammes par litre). | Volume correspondant à l'écoulement de 10 gouttes de solution acide dans la solution de sapamine. |
|---|---|
| | cm³ |
| 0 | 1,00 |
| N/10000 | 1,00 |
| N/4000 | 0,95 |
| N/3000 | 0,85 |
| N/1000 | 0,20 |
| N/500 | impossible à mesurer |

([1]) René Dubrisay, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 894; *Annales de Chimie*, 9, 1918, p. 25.

([2]) Hartmann et Kagi, *Zeit. f. anorg. Chem.*, 41, 1928, p. 127.

La sensibilité est suffisante pour permettre de tracer les courbes de saturation des bases par les acides. Entre diverses déterminations effectuées, j'ai choisi deux exemples typiques. Sur la figure 1, j'ai représenté la courbe relative à la saturation, par l'acide chlorhydrique N/100, d'une solution d'ammoniaque de titre approximativement équivalent. J'ai porté en abscisses les volumes d'acide ajoutés à $40^{cm^3}$ de solution basique, et en ordonnées le volume correspondant à l'écoulement dans la solution aqueuse de 100 gouttes de solution à 0,5 pour 100 de sapamine dans le benzène. La saturation de la base est marquée par un angle très accusé.

La figure 2 se rapporte à la neutralisation d'une solution de pipérazine par une solution de N/10 d'acide chlorhydrique. Ici les deux fonctions basiques se manifestent nettement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'imbibition des corps poreux par les liquides.* Note de M^lle^ **Paulette Berthier**, présentée par M. Delépine.

MM. C. E. Guye et Hugo Saini [1] ont donné une théorie de l'ascension des liquides par les corps poreux basée sur l'hypothèse que la différence $E_0 - Jq$ entre l'énergie libérée par l'imbibition de $1^{cm^3}$ de liquide, et la chaleur libérée au cours de cette imbibition est utilisée à fournir le travail nécessaire contre la pesanteur et les forces de viscosité développées par le mouvement du liquide. Les mêmes auteurs ont été amenés à admettre que l'expression $E_0 - Jq$ est, pour des hauteurs d'ascension peu considérables, une fonction linéaire de celles-ci, en sorte que l'équation du mouvement peut s'écrire

$$\varepsilon_0(1 + kh) = \rho g h + A \eta h v, \tag{1}$$

$\eta$ désignant le coefficient de viscosité du liquide et $v$ la vitesse d'ascension à l'instant considéré.

En se basant sur des considérations analogues, on peut essayer d'établir l'équation du mouvement de descente d'un liquide dans un corps poreux; le travail de la pesanteur étant alors positif, on est conduit à changer le signe du premier terme dans le second membre de la relation (1). Le changement qu'il convient d'apporter à l'équation est moins évident en ce qui concerne le premier membre; on pourrait admettre soit que le terme en $k$

(1) *Helvetica physica Acta*, 2, 1929, p. 445.

garde la même valeur en grandeur et en signe, soit qu'il prenne des valeurs égales et de signe contraire. En désignant par $h'$ la hauteur de descente à l'instant envisagé, on est ainsi conduit aux deux relations possibles

$$\mathcal{E}_0(1+kh') = -\rho g h' + A\eta h' v', \tag{2}$$

$$\mathcal{E}_0(1-kh') = -\rho g h' + A\eta h' v'. \tag{2 bis}$$

Appliquant les équations (1) et (2) à d'égales valeurs $h$ des hauteurs d'ascension et de descente et désignant par $v$ et $v'$ les vitesses d'ascension et de descente pour la dénivellation $h$, on obtient, en ajoutant et retranchant membre à membre les équations (1) et (2),

$$h(v+v') = \frac{2\mathcal{E}_0}{A\eta}(1+kh), \tag{3}$$

$$v'-v = \frac{2\rho g}{A\eta}. \tag{4}$$

Pour une même hauteur $h$ d'ascension et de descente, le produit $h(v+v')$ varie linéairement en fonction de $h$ et la différence $v'-v$ garde une valeur constante.

La combinaison des équations (1) et (2 *bis*) conduirait à $h(v'+v) = \text{const.}$ et $v'-v = \text{const.}$

Nous avons étudié les mouvements d'ascension et de descente de l'eau, du pétrole lampant, de l'huile de vaseline, de la glycérine dans du papier filtre Durieux de diverses duretés. Sur les courbes représentant les résultats nous avons relevé, pour d'égales hauteurs $h$ d'ascension et de descente, les valeurs des vitesses $v$ d'ascension et $v'$ de descente. Dans tous les cas nous avons constaté, d'une part que la différence $v'-v$ est sensiblement constante, conformément au résultat prévu quelle que soit l'hypothèse faite sur le signe de $k$, d'autre part que l'expression $h(v+v')$ varie linéairement en fonction de $h$, ce qui montre que la loi du mouvement de descente des liquides dans un corps poreux est régie par l'équation (2). Le tableau suivant résume les résultats obtenus au cours d'une expérience relative au mouvement d'imbibition de l'eau distillée par ascension et descente dans des bandes de papier filtre Durieux, « épais dur » (poids de cendres, 1,09 pour 100).

| $h$. | $v$. | $v'$. | $v'-v$. | $h(v'+v)$. |
|---|---|---|---|---|
| cm<br>9 | 0,0813 cm:m | 0,1219 cm:m | 0,0406 | 1,8286 |
| 14 | 0,0537 » | 0,0909 » | 0,0372 | 2,0244 |
| 19 | 0,0375 » | 0,0806 » | 0,0431 | 2,2439 |
| 24 | 0,0314 » | 0,0719 » | 0,0405 | 2,4792 |

De la combinaison des valeurs expérimentales relatives à $v' - v$ et $h(v' + v)$ on peut, en tenant compte des équations (3) et (4), calculer les coefficients A, $\varepsilon_0$ et $k$. Les valeurs de ces coefficients sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par MM. C. E. Guye et H. Saini, à partir d'autres considérations.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode de séparation de l'antimoine et de l'étain.* Note [1] de M. **Raymond**, présentée par M. G. Urbain.

La plupart des méthodes de séparation de l'antimoine et de l'étain utilisent la formation, en milieu acide, de complexes stanniques indécomposables par divers agents chimiques, en particulier par l'hydrogène sulfuré. L'antimoine se sépare alors facilement sous forme de sulfnre, mais le dosage de l'étain est beaucoup plus délicat.

La triéthylolamine $N(CH^2CH^2OH)^3$ permet une séparation facile de ces deux métaux en milieu alcalin.

On a déjà étudié qualitativement [2] l'action de ce réactif sur les sels métalliques, mais il ne semble pas que l'on ait utilisé ce produit pour des séparations quantitatives. Jaffe en particulier a obtenu, avec les sels d'étain et les sels trivalents d'antimoine, un précipité blanc, insoluble dans un excès de réactif. En répétant ces expériences, j'ai obtenu des résultats bien différents; j'ai constaté, par exemple, que l'oxyde antimonieux est effectivement insoluble dans la triéthylolamine, mais il n'en est pas du tout de même de l'hydrate, qui se dissout facilement dans un excès de réactif. Toutefois les hydrates, qui ont été préparés depuis quelque temps ou soumis à un chauffage léger, deviennent en grande partie anhydres et insolubles dans la triéthylolamine. Telle est probablement la raison du résultat obtenu par Jaffe.

L'hydrate stanneux est soluble, mais très difficilement, dans un excès de triéthylolamine, tandis que les hydrates stannique et antimonique se comportent comme l'hydrate antimonieux.

Les solutions que fournissent ainsi les cations $Sb^{III}$, $Sb^{V}$ et $Sn^{IV}$ dans un excès de triéthylolamine possèdent des propriétés nettement différentes.

---

(1) Séance du 23 avril 1934.

(2) Emil J. Fischer, *Wissensch. Veröffentl. aus Siemens Konzern*, 4, 1925, p. 171; d'après *Chemisches Zentralblatt*, 97, II, 1926, p. 470; E. Jaffe, *Ann. Chim. applicata*, 22, 1932, p. 737; d'après *Chemisches Zentralblatt*, 104, I, 1933, p. 3221.

Les solutions stanniques sont aisément décomposables par les acides, même les plus faibles (la précipitation a lieu en milieu encore alcalin, au voisinage du pH = 8) et par beaucoup de sels alcalins (sulfates, chlorures, carbonates, etc.).

Les solutions d'antimoine sont beaucoup plus stables dans les mêmes conditions et l'oxyde n'est précipité qu'en milieu nettement acide (au pH = 6 environ).

L'acide sulfhydrique ne se comporte pas comme les autres acides faibles : il précipite l'antimoine, tandis que l'étain reste en solution par suite de la formation d'un sulfure complexe. Toutefois cette propriété ne peut être utilisée pour la séparation de ces deux métaux, car le sulfure d'antimoine se dissout abondamment dans la solution de sulfure complexe d'étain et d'éthylolamine.

Cette différence de stabilité des solutions d'étain et d'antimoine dans la triéthylolamine en présence des sels alcalins permet aisément la séparation de ces métaux, puisqu'une addition de sel alcalin laisse l'antimoine en solution et précipite quantitativement l'hydrate d'étain, pourvu que la solution ne contienne pas un trop grand excès d'éthylolamine.

Cet oxyde d'étain précipite d'abord à l'état colloïdal et adsorbe les substances dissoutes, en particulier l'antimoine, ce qui exige une purification du précipité, que l'on obtiendra simplement en opérant comme il est indiqué ci-dessous :

L'étain et l'antimoine doivent être en solution chlorhydrique, que l'on oxydera par le brome si l'étain est à l'état stanneux.

Un volume de cette solution contenant environ $0^g,3$ du mélange d'étain et d'antimoine est additionné d'un grand excès de solution saturée de bicarbonate d'ammonium ($300^{cm^3}$ environ), puis d'un léger excès de triéthylolamine en solution à 20 pour 100 (environ 50 fois le poids des métaux, soit $15^{cm^3}$). En chauffant doucement, les hydrates se dissolvent d'abord, puis l'hydrate d'étain précipite.

On abandonne 1 heure au bain-marie, il est alors facile de filtrer l'oxyde d'étain et de le laver avec une solution contenant 10 pour 100 de carbonate d'ammonium et 10 pour 100 de triéthylolamine.

On traite ensuite l'oxyde d'étain sur le filtre avec une solution tiède et diluée d'acide chlorhydrique (2-3 N) qui dissout l'antimoine et un peu d'étain. Le filtrat recueilli séparément, additionné comme précédemment de carbonate d'ammonium et de triéthylolamine, fournit un précipité que l'on recueille sur le même filtre. L'oxyde d'étain pur ainsi obtenu est séché puis calciné.

Les divers filtrats, contenant l'antimoine, réunis et acidulés légèrement à l'acide acétique, puis dilués à $500^{cm^3}$ précipitent à 100° par l'hydrogène sulfuré ; le précipité de sulfure recueilli sur un creuset filtrant 1G4 d'Iéna est calciné à 280° dans un courant de gaz carbonique et pesé à l'état de $Sb^2S^3$.

Le tableau ci-dessous montre que les résultats obtenus par cette méthode sont satisfaisants.

| Employé. | | Trouvé. | | | | Pour 100 de chaque métal. Calculé. | | Pour 100 de chaque métal. Trouvé. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sn. | Sb. | $SnO^2$. | Sn. | $Sb^2S^3$. | Sb. | Sn. | Sb. | Sn. | Sb. |
| 0,009 | 0,17 | 0,0115 | 0,009 | 0,238 | 0,171 | 5 | 95 | 5 | 95 |
| 0,092 | 0,17 | 0,117 | 0,092 | 0,238 | 0,171 | 35 | 65 | 35 | 65 |
| 0,184 | 0,085 | 0,236 | 0,186 | 0,117 | 0,084 | 68,4 | 31,6 | 69 | 31 |
| 0,184 | 0,017 | 0,235 | 0,185 | 0,024 | 0,017 | 91,5 | 8,5 | 91,5 | 8,5 |

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de petites quantités de nitrates dans les eaux riches en matières organiques.* Note de MM. **F. Diénert** et **F. Villemaine**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On possède des méthodes très précises, comme la méthode de Schlœsing, pour doser dans les eaux des quantités de nitrates dépassant 2 à $3^{mg}$ par litre.

La difficulté commence quand on veut doser, en présence de matières organiques, de très petites quantités de nitrates, inférieures à $0^{mg},5$ par litre, comme dans les études que nous poursuivons. On a coutume, dans ce cas, d'utiliser les méthodes de dosage colorimétrique. *On doit au préalable déféquer le liquide ou l'évaporer à sec et au cours de ces manipulations une partie des nitrates disparaît.*

On a cherché à éliminer cette matière organique, soit en la retenant sur un support comme le charbon activé ou l'alumine, ce qui arrête en même temps une forte proportion des nitrates, soit en l'oxydant par l'hypochlorite de sodium, le permanganate, l'eau oxygénée, le brome, etc. Malheureusement ces oxydants transforment une partie de l'ammoniaque ou des acides aminés comme l'asparagine et accroissent d'une façon non négligeable les petites quantités d'azote nitrique présentes. *Avec le brome, on peut obtenir une augmentation d'azote nitrique voisine de $1^{mg}$ par litre.*

On peut éviter l'évaporation de l'eau, dans ce dosage, en réduisant les nitrates à l'état d'ammoniac, par l'alliage de Devarda, par exemple, et l'on évite ainsi l'action réductrice des matières organiques sur les nitrates.

Il faut, au préalable, éliminer toute trace d'ammoniac dans l'eau à traiter. La simple distillation en présence de potasse est insuffisante. L'expérience apprend qu'il se dégage, sans interruption, de l'ammoniac dans le cours de cette opération et qu'on ne sait jamais quand l'arrêter.

Le seul procédé qui nous ait réussi consiste à chauffer préalablement l'eau à 120° pendant 2 heures, après avoir ajouté assez de potasse pour obtenir une solution à 14 pour 100 environ. En distillant ensuite la moitié de ce liquide, on chasse tout l'ammoniac que cette eau peut dégager et provenant non seulement des sels ammoniacaux, mais aussi des acides aminés qu'elle renferme. *Ce traitement n'influe pas sur la quantité des nitrates.* Ceci fait, on ajoute $2^g$ d'alliage de Devarda pour $100^{cm^3}$ d'eau et l'on continue à distiller lentement, précaution indispensable; on récolte dans une solution d'acide borique l'ammoniac provenant de la réduction des nitrates et des nitrites, *mais ces derniers se dosent bien dans le liquide initial en utilisant les composés azoïques très spécifiques qu'ils donnent facilement.*

La difficulté est d'obtenir un alliage Devarda ne donnant pas d'ammoniac à l'épreuve témoin. Nous avons reconnu que c'était pratiquement impossible, mais nous avons constaté que $1^g$ de l'alliage le meilleur que nous ayons trouvé dans le commerce et dont nous nous sommes servis dégageait toujours la même quantité d'ammoniac, soit $0^{mg},01$. En tenant compte de cette quantité dans les dosages, on peut obtenir des résultats certains avec une erreur inférieure à 2 pour 100.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nitration du chloro-para-xylène.* Note (¹) de M. **Henri Wahl**, présentée par M. Delépine.

J'ai fait connaître (²) que le chloro-para-xylène fournit, sous l'influence de l'acide sulfonitrique, un mélange des trois dérivés mononitrés isomères susceptibles d'exister. La séparation et l'établissement de la constitution de chacun d'eux m'ont obligé d'en préparer d'assez grandes quantités et par conséquent d'effectuer de nombreuses fois la nitration du chloro-paraxylène. Ceci m'a fourni l'occasion de faire un certain nombre d'observations intéressantes sur la marche de la réaction, laquelle s'est révélée moins simple qu'on pouvait le penser. En effet, lorsqu'on verse sur la glace le produit de la nitration on constate un dégagement de vapeurs nitreuses, surtout sensible avec des quantités importantes de matière; de plus, si l'on n'a pas soin d'utiliser un excès d'acide nitrique, par rapport à la théorie, il reste toujours un excès de chloroxylène inaltéré; enfin, même dans les

(¹) Séance du 23 avril 1934.

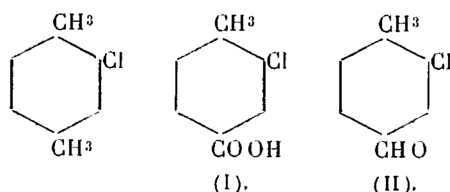
(²) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1900; **197**, 1933, p. 1330; **198**, 1934, p. 100.

conditions d'une nitration complète, le rendement en dérivés nitrés n'est pas intégral et l'on trouve de petites quantités de produits secondaires. Ceux-ci, ayant été accumulés ont fait l'objet d'un examen approfondi.

L'allure même de la réactlon paraissait indiquer que la nitration s'accompagne de réactions d'oxydation. En effet, quand, après avoir séparé le nitrochloroxylène solide, on lave à l'eau les isomères liquides et les agite avec une solution de carbonate de sodium, celle-ci se colore en jaune et donne, par neutralisation progressive, d'abord un précipité jaune pâteux qu'on sépare, puis un produit blanc, cristallin. Celui-ci, recristallisé dans l'alcool, forme des aiguilles blanches, F. 196°, solubles dans le carbonate et le bicarbonate de sodium et dont l'analyse conduit à la formule $C^8H^7O^2Cl$, d'un acide chlorométhylbenzoïque.

*Analyses.* — Trouvé pour 100 : C = 56,38; H = 4,0; Cl = 20,81. — Calculé pour $C^8H^7ClO^2$ : C = 56,30; H = 4,1; Cl = 20,85.

Les deux acides chloroparaméthylbenzoïque possibles sont connus : l'acide chloro-2-méthyl-4-benzoïque fond à 155°, tandis que l'acide chloro-3-méthyl-4-benzoïque fond à 196°, comme celui qui vient d'être décrit, ce qui montre que l'oxydation de l'acide nitrique a porté sur le groupe méthyle qui n'est pas voisin du chlore (I)



(I). (II).

On rencontre les cristaux de ce même acide, lorsque après avoir lavé les isomères nitrés liquides avec du carbonate de sodium on les abandonne pendant quelque temps à l'air comme si, dans ce cas, l'acide chlorométhylbenzoïque s'était formé aux dépens d'un terme d'oxydation moins avancé. Or, il est facile, en effet, d'isoler un composé aldéhydique; le mélange des nitrochloroxylènes liquides est agité avec du bisulfite de sodium, ce qui provoque rapidement la formation d'une combinaison bisulfitique solide et cristallisée. Celle-ci est alors essorée, lavée à l'eau, l'alcool et l'éther et décomposée par le carbonate de sodium; l'huile qui en résulte est décantée lavée et distillée dans le vide. On isole deux fractions, l'une bouillant vers 120°, l'autre vers 160°, qui sera étudiée plus tard. La première portion redistillée, fournit un liquide, $Eb_{15} = 115\text{-}118°$, qui se prend en masse par

refroidissement et qui recristallisé dans l'éther de pétrole, fournit des prismes incolores, F. 30°, dont l'analyse correspond à la formule $C^8H^7Cl.O$ d'un *aldéhyde chlorométhylbenzoïque* $C^6H^3Cl.CH^3.CHO$

*Analyses.* — Trouvé pour 100 : C = 62,00; H = 4,4; Cl = 22,95. Calculé pour $C^8H^7OCl$ : C = 62,30; H = 4,5; Cl = 23,0.

La fonction aldéhydique a été caractérisée par les dérivés suivants :

*L'oxime* en aiguilles blanches F. 95° (corr.) (trouvé pour 100, N 8,3; calculé, 8,35); la *phénylhydrazone*, en paillettes jaunes F. 118° (corr.); trouvé pour 100, N 11,2; calculé 11,4; la *semicarbazone* F. 230° (corr. déc.) (trouvé pour 100, N = 19,6; calculé 19,8).

J'ai établi la constitution de cet aldéhyde en le soumettant à la réaction de Cannizzaro. Pour cela, 10g d'aldéhyde sont agités avec 30cm³ de potasse caustique à 50 pour 100 pendant 1 heure à 50°; la masse s'épaissit et est alors reprise par l'eau qui la dissout partiellement; l'agitation avec l'éther enlève une huile qui est décantée, et la partie aqueuse est décomposée par un acide. Il se dépose alors des cristaux blancs qui, recristallisés, fondent à 196° et se sont montrés identiques avec l'acide chloro-3 méthyl-4-benzoïque. Quant à l'huile neutre séparée, elle est distillée dans le vide et donne un liquide $Eb_{15}$ = 135-136° qui cristallise bientôt et fond à 29°, auquel l'analyse assigne la formule $C^8H^9OCl$ d'un *alcool chloro-méthylbenzylique*. L'acide obtenu étant l'acide chloro-3 méthyl-4-benzoïque, il s'ensuit que la constitution de l'aldéhyde isolé est celle du *chloro-3-méthyl-4-benzaldéhyde* (II) et que l'alcool est lui-même l'*alcool-chloro-3-méthyl-4-benzylique*.

On savait déjà que lors de la nitration des carbures homologues du benzène les phénomènes d'oxydation s'intensifient lorsque le nombre des chaînes latérales va en croissant. Cependant il n'existe que peu d'informations concernant la nature des produits qui se forment et à ma connaissance, l'on n'avait pas encore signalé la formation d'aldéhydes dans ces conditions.

Tout récemment, Brady et Day [1] ont cependant signalé que lors de la nitration du *p*-éthyltoluène, il se forme un peu de *p*-méthylacétophénone et des traces d'un aldéhyde qui semble être le *p*-tolylacétaldéhyde.

*Conclusions.* — 1° La nitration du chloro-para-xylène en milieu sulfu-

(1) Brady et Day, *J. of the Chem. Soc.*, janvier 1934, p. 121.

rique s'accompagne d'une réaction d'oxydation d'un groupe méthyle, ce qui fournit de l'aldéhyde et de l'acide chloro-méthylbenzoïque.

2° C'est le groupe méthyle le plus éloigné du chlore qui se trouve seul oxydé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Essai de préparation de rubènes dérivés du fluorène : obtention d'un composé rouge non rubénique. Tensions internes et probabilités de formation des rubènes.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Arnaldo Peres de Carvalho**, présentée par M. Delépine.

Le rubène, I, que nous avions en vue, se distingue des autres, II, par une cyclisation unissant chaque groupe benzo à l'un des aryles placés en $\alpha$ sur le pentagone adjacent. Il aurait dû prendre naissance en soumettant le phényléthinylfluorénol, III, aux opérations qui donnent les rubènes à partir des diarylaryléthinylcarbinols, $Ar^2C(OH) - C \equiv C - Ar$.

*a.* Le phényléthinylfluorénol, $C^{21}H^{14}O$, III (fus. 82-83°), a été obtenu régulièrement, suivant la voie habituelle, en condensant le phénylacétylène avec la fluorénone. Il a manifesté certaines des propriétés ordinaires des carbinols acétyléniques : en particulier, il s'est isomérisé facilement en une cétone éthylénique, la fluorénylidène-acétophénone, $C^{21}H^{14}O$, IV. Mais quand on lui a fait subir les traitements destinés à le transformer en ester chlorhydrique et de là en rubène, par perte du chlore sous forme d'hydracide, il s'est comporté de manière insolite.

L'opération a fourni un composé (fus. instantanée 290°) qui n'avait d'un rubène rien d'autre que la couleur rouge, sans le même spectre d'absorption (*fig.* 1) : sa formule, $C^{42}H^{26}Cl^2$, comportait deux atomes de chlore, alors que celle du rubène attendu ne pouvait pas en contenir. De plus, il n'était pas fluorescent. Enfin, il n'absorbait l'oxygène à la lumière qu'avec une extrême lenteur, et le produit d'oxydation n'était pas dissociable.

Entre le carbinol acétylénique et ce corps rouge, il existe un terme intermédiaire incolore (fus. instantanée 120°-121°), peu stable et contenant 10,63 pour 100 de chlore. Chauffé, ce composé fournit le corps rouge mélangé d'un corps jaune d'or (fus. inst. 250°), non chloré et différent de la fluorénylidène-acétophénone, laquelle est également jaune.

La constitution du corps rouge est en cours d'étude; nous croyons devoir suggérer, comme formule possible, un dispositif, V, apparenté à la fois aux fulvènes et aux quinones, sans toutefois contenir à la lettre aucun de ces deux groupements.

*b*. En ce qui concerne le rubène attendu, on n'en a pas trouvé la moindre trace dans les huiles résiduelles où le spectre intense et caractéristique, correspondant à son type de groupement chromophore, aurait permis de le déceler à des teneurs infimes. Il faut donc admettre que la structure fluorénique n'est pas favorable à la production des rubènes.

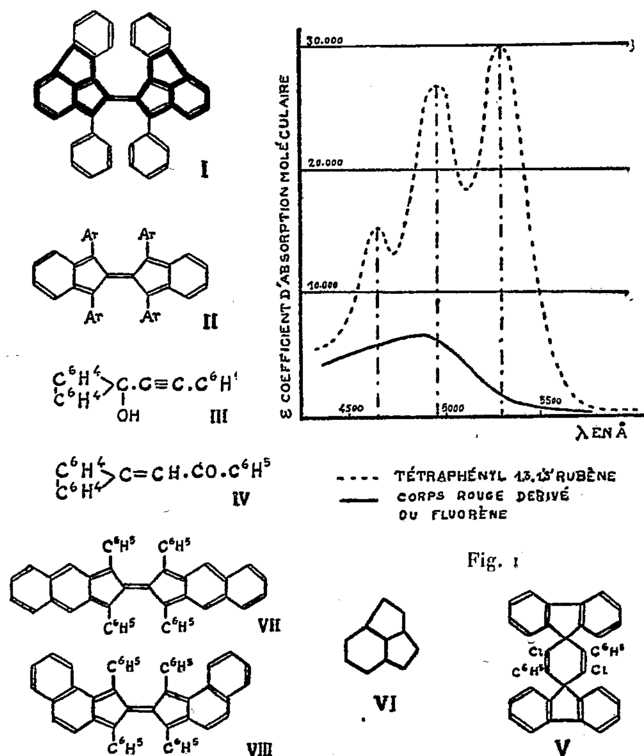


Fig. 1

La raison théorique de cette incapacité doit être recherchée dans les tensions trop élevées qu'apportent au système les deux cycles supplémentaires mentionnés au début.

Il y a déjà longtemps que v. Braun (¹) avait signalé, comme fortement tendu, le triple accolement, VI, d'un hexagone avec deux pentagones, précisément celui de la formule I (partie du schéma tracée en traits gras).

---

(¹) Julius v. Braun, E. Danziger et Z. Koehler, *Ber. d. chem. Ges.*, 50, 1917, p. 56; Julius v. Braun et Joseph Reutter, *Ber. d. chem. Ges.*, 59, 1926, p. 1922; Joseph G. Jackson et James Kenner, *Journ. Chem. Soc.*, 1928, p. 573; Julius v. Braun et Ernest Anton, *Ber. d. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 145.

Sans doute, la structure VI n'est-elle pas irréalisable, puisqu'elle a été obtenue par F. Koelsch (¹). Elle n'en constitue pas moins un sérieux obstacle à la synthèse des molécules qui la contiennent, surtout quand il existe d'autres difficultés de préparation, comme c'est le cas pour les rubènes en général.

La structure rubénique, d'ailleurs, s'accommode fort mal des cyclisations supplémentaires, tout au moins de celles qui intéressent les groupements benzo. Déjà, le simple accolement à un noyau benzénique la gêne au point que l'on n'est pas encore parvenu à préparer les corps de formules VII, VIII, dérivant du naphtalène. Comme substituant monovalent, le noyau naphtalénique s'adjoint aisément à l'édifice bifulvénique des rubènes pour donner un dinaphtylrubène (²); mais il en reste indépendant et s'est refusé jusqu'ici à y figurer comme partie intégrante sous forme de l'un des benzorubènes VII et VIII.

Au contraire, comme on le sait par les nombreux exemples actuellement connus, les cyclisations jetées en « pont » entre les deux pentagones sont bien tolérées par la structure rubénique, puisqu'elles se bouclent avec une grande facilité.

En conséquence, les cycles supplémentaires ne sont gênants pour les synthèses dans la série des rubènes que quand ils intéressent les hexagones du squelette bifulvénique; les tensions internes qui s'ensuivent alors diminuent beaucoup les probabilités de formation des rubènes correspondants.

GÉOLOGIE. — *Sur le rivage méridional de la Mésogée jurassique dans les confins algéro-marocains.* Note de M. **N. Menchikoff.**

Il existe, dans l'Atlas saharien des confins algéro-marocains du Sud, de vastes affleurements de terrains jurassiques (³), qui, au Sud, s'arrêtent brusquement au voisinage d'une ligne passant par Bou Anane, Menaba et Béni Ounif.

---

(¹) *Am. Chem. Soc.*, **54**, 1932, p. 4744.

(²) C. Moureu, C. Dufraisse et A. Willemart, *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 266.

(³) Flamand, *Recherches géologiques et géographiques sur le Haut-Pays de l'Oranie et sur le Sahara*, Lyon, 1911, p. 372 et suiv.; J. Savornin, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 281; P. Russo, *Ann. Univ. Lyon*, nouv. série, 1927, fasc. **46**, p. 54.

A quelque distance au Nord de cette ligne, on peut observer, de bas en haut, en discordance sur le Paléozoïque plissé, la succession suivante de terrains jurassiques :

1° *Couches rouges de base*, gréseuses ou plus ou moins argileuses, presque toujours chargées de paillettes d'oligiste et totalement dépourvues de fossiles. Elles sont souvent surmontées de coulées de basalte doléritique et parfois même complètement remplacées par celles-ci. Généralement rapportées en Afrique du Nord au Trias, ces couches rouges pourraient ici comprendre également l'Infra-Lias.

2° LIAS INFÉRIEUR. — Le premier niveau bien daté de la série jurassique est le Sinémurien supérieur, caractérisé par des *Arnioceras* du groupe de *A. geometricum* Oppel. La roche est un calcaire, généralement lité, dont la puissance peut atteindre quelques centaines de mètres (Béni Yatty).

3° LIAS MOYEN. — Souvent à l'état de calcaires lités, contenant des *Seguenzicera* du groupe de *S. algovianum* Oppel et de rares *Lytoceras*.

4° LIAS SUPÉRIEUR. — Marnes grises, riches en Ammonites, qui représentent le Toarcien à *Coeloceras* du groupe de *C. subarmatum* Y. et B. et l'Aalénien à *Harpoceras opalinum* Reineke, *Tmetoceras*, *Dumortieria* et *Lytoceras*.

5° BAJOCIEN. — Marnes et marno-calcaires à *Cadomites*, *Witchellia*, *Oppelia*, *Strigoceras* (1), accompagnés de Bélemnites et de Lamellibranches.

6° BATHONIEN. — Calcaires oolitiques à *Gymnocidaris pustulosa* Agassiz (2), Brachiopodes et Lamellibranches. On y observe fréquemment une stratification entrecroisée très nette, due, sans doute, aux courants côtiers.

Au sommet les calcaires oolitiques passent à des grès rouges continentaux.

Toutes ces formations présentent de fortes variations de faciès, surtout au voisinage de la limite méridionale des affleurements jurassiques.

*Les faciès récifaux, d'habitude très rares dans le Lias, sont ici particulièrement bien développés dans le Domérien;* ce sont des calcaires massifs, lenticulaires, d'importance très variable, atteignant jusqu'à 300$^{m}$ d'épaisseur et souvent accompagnés de brèches. On y trouve toute une faune de Polypiers, de Gastéropodes et de Lamellibranches. Parmi ces derniers existent des formes nouvelles fort curieuses, de taille exceptionnelle (jusqu'à 40$^{cm}$), dont la charnière rappelle celle des *Opisoma*. Par leur faciès, ces couches rappellent les calcaires gris de Vénétie (3) et les calcaires du moulin de Jupille dans la Sarthe (4).

A mesure qu'on se rapproche du bord sud des affleurements, toute la série marine diminue rapidement d'épaisseur; des grès et des conglomérats

(1) Toutes ces déterminations d'Ammonites ont été faites par M. G. Dubar.

(2) Cette détermination est due à M. J. Lambert.

(4) G. BOEHM et CHALOT, *Bull. Soc. géol. France*, 3e série, **15**, 1887, p. 403.

(3) G. BOEHM, *Zeitschrift der deut. geolog. Gesellschaft*, **36**, 1884, p. 737.

s'intercalent au milieu des calcaires et prennent un développement de plus en plus considérable; les calcaires, devenus massifs et dolomitiques, se chargent eux-mêmes de galets gréseux empruntés aux rochers paléozoïques du socle. Enfin à la limite même des affleurements, les derniers témoins des dépôts marins se terminent en pointe au milieu de couches rouges continentales, conservées sous le Crétacé.

Il y a là tout un ensemble de caractères, indiquant l'existence d'une ancienne ligne de rivage.

On voit ainsi que, dans les confins algéro-marocains du Sud, *la limite méridionale des affleurements jurassiques conservés coïncide exactement, sur près de* 200[km], *avec la ligne de rivage de la Mésogée* qui, du Sinémurien au Bathonien inclus, limita au Nord le continent saharien.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Sénonien au Damergou* (*Niger français*). Note de MM. **Raymond Furon** et **Conrad Kilian**, transmise par M. L. Cayeux.

Le Crétacé a été découvert au Damergou en 1903 par le capitaine Gaden; il s'agissait d'assises turoniennes (¹). L'existence certaine du Cénomanien au Niger a été récemment démontrée par l'un de nous (²) et sa présence au Damergou a été confirmée par M. R. Lambert (³). La présence du Sénonien avait été soupçonnée, mais n'avait pu être affirmée (⁴).

Or, parmi les fossiles de Tanout (Damergou) adressés au Muséum par M. Loubet (fossiles dont une partie a fait l'objet d'une Note récente) (⁵), nous avons étudié deux fragments d'Ammonitidés qui nous paraissent indiscutablement sénoniens.

*a*. Le mode de conservation en noyaux siliceux est comparable à celui d'Ammonites sénoniennes du Sud Tunisien et des États du Levant sous mandat français; il est radicalement différent de celui des fossiles provenant en grande abondance des calcaires jaunes magnésiens du Turonien du Damergou.

*b*. L'un de ces fragments est assez important pour permettre de se faire

(¹) A. de Lapparent, *Comptes rendus*, **136**, 1903, p. 1379.
(²) R. Furon, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 793.
(³) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 489.
(⁴) R. Furon, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1033.
(⁵) *Ibid.*, **198**, 1934, p. 1248.

une opinion. C'est un sixième de tour environ d'une Ammonite appartenant à uu groupe mal connu, mais étudié par l'un de nous [1], très particulier et strictement sénonien.

C'est un groupe nouveau apparenté aux *Sphenodiscus*, *Coahuilites* [2], *Cœlopoceras* et *Namadoceras*. Une forme très voisine a été recueillie par M. Menchikoff dans le Sénonien de Syrie (Santonien?); une autre, assez voisine également, par Pervinquière dans le Sud Tunisien (Santonien supérieur-Campanien inférieur?). Une autre forme, également très apparentée, a été découverte par M. Charles Jacob dans le Santonien de Sougraigues (Pyrénées).

*Conclusion.* — Le Sénonien est maintenant indubitable au Damergou, situé entre les gisements connus du Niger occidental et de Bilma.

En outre, il est intéressant de noter cette nouvelle indication d'affinités entre certains éléments des faunes crétacées de Syrie, du Sahara et des confins États-Unis-Mexique.

GÉOLOGIE. — *Développement des Calcaires à Rosalines en Grèce.* Note de M. **Jacques de Lapparent**, transmise par M. L. Cayeux.

Nous avons dit [3] que les bauxites de Grèce, d'âge crétacé, dont les gîtes sont largement répandus en Attique, en Béotie et en Phocide, supportent un toit de calcaires à Hippurites.

*Sur ce toit viennent s'appliquer des calcaires à Rosalines.* Ceux-ci, contenant à la fois *R. Linnei* d'Orb. et *R. Stuarti* J. de L., réalisent le faciès des couches supérieures d'Hendaye (Sainte-Anne) : couches à *Stegaster* du Maestrichtien [4]. Ainsi voit-on succéder à des sédiments néritiques (couches à Hippurites) des sédiments que, relativement aux premiers, l'on peut dire bathyaux et qui sont certainement pélagiques (couches à Rosalines). Une telle succession de faciès est la manifestation, en ces régions de Grèce, de ce qu'on a nommé la transgression maestrichtienne. Les calcaires à Rosalines en question, gardant la même composition faunique, sont, vers

(1) C. Kilian, *C. R. Soc. géol. Fr.*, 1932, p. 76.

(2) E. Böse, *U. Texas Bull.*, 1927, n° 2748.

(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1162.

(4) Jacques de Lapparent, *Étude lithologique des terrains crétacés de la région d'Hendaye*, 1918.

leur partie supérieure, chargés de silex. Au-dessus d'eux se trouve la masse importante des couches rouges noduleuses schistoïdes, bien connues de tous les géologues qui ont visité la Grèce.

La transition des calcaires à Rosalines à ces couches rouges est des plus intéressantes à suivre. Les calcaires à Rosalines commencent par devenir franchement glauconieux et se chargent de débris phosphatiques. Puis, la roche restant essentiellement calcaire, les Rosalines disparaissent progressivement, *R. Stuarti* la première, *R. Linnei* ensuite. Elles sont remplacées par des Globigérines à grosses loges du type *Globigerina bulloïdes*. Il ne reste enfin qu'un calcaire à Globigérines analogue à celui qui forme, à Hendaye, les rochers des Jumeaux et qui, dans tout le pays basque franco-espagnol, représente le Danien. Les couches rouges noduleuses schistoïdes prennent alors la place du calcaire massif. Elles contiennent encore la Globigérine à grosses loges. Nous considérons ces couches comme marquant, en Grèce, le passage du Danien aux termes inférieurs de l'Éocène; ce dernier étant représenté par le flysch gréseux gris verdâtre qui surmonte uniformément les couches rouges noduleuses.

Du Maestrichtien supérieur au Danien une rupture d'équilibre, dont témoignent les faciès glauconieux et phosphatiques, s'est donc produite entre la mer et les terres émergées. Une sédimentation détritique intense en est résultée. C'est, pour la Grèce, la manifestation de ce qu'on a nommé la régression danienne.

Nous avons retrouvé d'autre part les calcaires à Rosalines en Eubée, se présentant toutefois comme calcaires moins purs, plus chargés de matériaux détritiques que ceux dont nous venons de parler, mais toujours situés, comme ceux-ci, par dessus des faciès à Rudistes. Ils accusent aussi la transgression maestrichtienne. Les couches à *Stegaster*, découvertes par Deprat [1], sont des calcaires à Rosalines.

Lorsque, de Phocide, l'on se dirige vers l'Étolie, il apparaît que les faciès calcaires qui formaient la masse des montagnes du Parnasse et du Ghiona sont remplacés par des faciès siliceux représentés par de multiples petits lits de Radiolarites. C'est là un fait maintenant classique [2]. Ces faciès siliceux sont surmontés par des calcaires en bancs minces parmi lesquels on trouve des couches à Rosalines. Le passage des bancs siliceux aux calcaires se fait comme suit : le calcaire se mélange au silex de telle manière que ce

[1] *Étude géologique et pétrographique de l'Ile d'Eubée*, 1904.

[2] C. RENZ, *Geologische Studien in den mittelgrieschischen Hochgebirgen*, 1920.

dernier n'apparaisse plus que comme une concrétion lamellaire dans un lit calcareux, mais calcaire et silex restent l'un et l'autre « à Radiolaires », puis le calcaire se substitue complètement aux bancs siliceux et devient un calcaire à petites Globigérines. Une série de bancs minces est ainsi formée, dans la masse desquels on trouve des couches à Rosalines. Les Rosalines y sont parfois associées à des débris d'Hippurites en un mélange grenu.

Telles sont les choses au débouché, vers Naupacte, de la vallée du Mornopotamos; telles elles demeurent, à peu près, en Achaïe, de l'autre côté du golfe de Corinthe, dans le Péloponèse : nous l'avons vérifié sur la route de Patras à Kalavryta, et nos observations concordent avec celles qu'a faites M. Blumenthal dans le Chelmos (1). Au Mornopotamos et en Achaïe, à l'inverse de ce qui se voit à l'Est, le Maestrichtien calcaire succède, en continuité de passage, à des faciès siliceux plus profonds. Il faut tenir la zone terminale des couches siliceuses comme représentant le Crétacé supérieur au-dessous du Maestrichtien. On sait d'ailleurs que le faciès siliceux atteint, en Argolide, l'Urgonien (2) et qu'il se poursuit jusqu'au Trias dans l'Olonos (C. Renz).

Nous n'avons pas retrouvé les calcaires à Rosalines dans la montagne Klokova, à l'ouest de Naupacte, qui forme, au sein du flysch éocène, une avancée orientale des faciès ioniens. Le bloc calcaire dont est constituée la montagne fournit la série stratigraphique depuis au moins la base du Jurassique (dolomies) jusques, et y compris, le Lutécien supérieur. Un calcaire fin à petites Globigérines situé entre des lumachelles et un conglomérat paraît marquer le passage du Maestrichtien au Danien. C'est au-dessus qu'on trouve les calcaires à Alvéolines de l'Éocène et le niveau lutécien de bauxites que nous avons antérieurement signalé.

PALÉONTOLOGIE. — *L'évolution comparée des molaires supérieures chez les Primates et les Insectivores primitifs.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Ch. Jacob.

Par l'ensemble de leur morphologie, les Primates s'affirment nettement comme un rameau divergent des Insectivores; leur différenciation se serait

(1) *Zur Kenntnis der Querprofils des zentralen und nördlichen Peloponnes*, 1933.
(2) L. Cayeux, *Comptes rendus*, 136, 1903, p. 165.

produite, à l'époque éocène, par le développement des caractères particuliers qui marquent le début de leur évolution dans le sens de la spécialisation intellectuelle. Mais, les matériaux paléontologiques se prêtent si mal, d'ordinaire, à la constatation de ce début d'évolution que, souvent, dans un cas donné, il est impossible d'affirmer si l'on est en présence d'un Primate

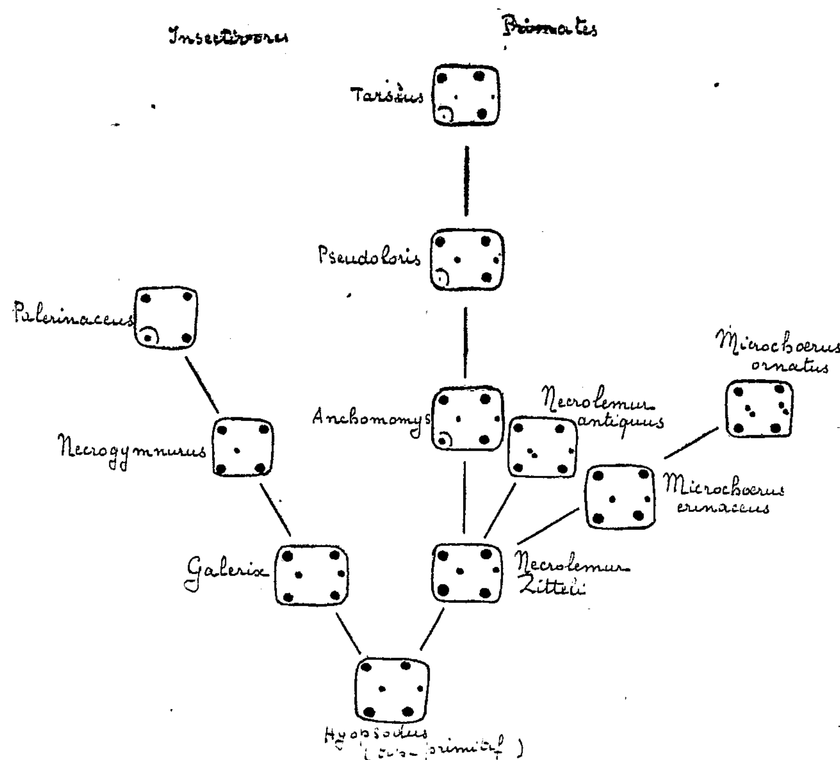



Schéma destiné à faire comprendre la marche différente de l'évolution des molaires supérieures chez les Insectivores primitifs (Erinacéidés) et les Primates archaïques (*Tarsioïdea*). La molaire choisie est la première, M¹; elle est orientée de telle sorte que sa face externe est en haut et sa face antérieure à droite. Quand le tubercule postéro-interne est entouré d'un arc de cercle, cela indique qu'il paraît se détacher plus ou moins de l'ensemble des autres.

ou d'un Insectivore. J'ai observé que l'évolution des molaires supérieures se poursuit, cependant, d'une manière très différente dans l'un et l'autre groupes.

Au point de vue morphologique dentaire, les plus primitifs des Primates sont, sans aucun doute, les *Tarsioïdea* qui, répandus à l'époque éocène en Amérique du Nord et en Europe, n'ont plus, actuellement, qu'un seul représentant, le *Tarsius* de la Malaisie.

Leurs molaires supérieures présentent, chez les plus archaïques d'entre

eux (*Necrolemur Zitteli* Stehlin, par exemple), le type morphologique constaté à l'origine de tous les groupes mammaliens placentaires primitifs (Condylarthres, Créodontes) ([1]), à savoir trois rangées longitudinales de tubercules, deux externes, deux intermédiaires et deux internes.

Ce type dentaire primitif s'est, chez les autres *Tarsioïdea*, différencié suivant deux directions : d'une part, multiplication progressive des tubercules intermédiaires (*Necrolemur antiquus* Filhol, *Microchœrus ornatus* St.); d'autre part, réduction progressive du tubercule postéro-interne, suivie d'un effacement également progressif des tubercules intermédiaires, qui subsistent cependant encore à l'état de vestiges, faciles à constater sur des dents vierges, chez le plus évolué des *Tarsioïdea*, le *Tarsius* actuel.

Chez les Insectivores, le type morphologique primitif des molaires supérieures se constate également (*Hyopsodus-Galerix*); mais ici l'évolution se poursuit d'une manière très différente; elle commence par la disparition progressive des tubercules intermédiaires, l'antérieur s'effaçant d'abord (il est déjà effacé chez le *Necrogymnurus* de l'Oligocène), puis le postérieur (*Palerinaceus*), les molaires supérieures (la première en particulier) ne présentant plus alors, chez les Érinacéidés les plus évolués, que quatre tubercules, les deux externes et les deux internes ([2]).

Pour bien se rendre compte tout à la fois de la réalité et de la valeur de cette différence des Insectivores et des Primates au début de leur évolution, il est indispensable de ne point perdre de vue ce principe, d'application générale en Paléontologie, mais trop souvent méconnu, à savoir que les dispositions morphologiques primitives ne sont pas nécessairement toujours celles que l'on constate chez les animaux qui, à un moment donné de l'état de nos connaissances, se montrent les plus anciens.

BOTANIQUE. — *Méthodes de calcul de la courbe théorique de la croissance des sarments de vigne*. Note ([3]) de MM. **H S. Reed** et **J. Dufrenoy**, présentée par M. L. Mangin.

La courbe théorique de la croissance d'un organisme peut se calculer par l'équation de la courbe logistique $y = A/1 + Ce^{rt}$, où $y$ est la taille au temps $t$, A la taille supérieure ou limite que peut acquérir l'organisme

---

([1]) Voir M. Friant, *Publications du Muséum*, n° 1, 1933, p. 123.

([2]) Voir pour plus de détails : M. Friant, *Archives du Muséum*, 1934, sous presse.

([3]) Séance du 9 avril 1934.

considéré, C est la valeur de $A - y/y$ à l'origine du temps ($t = 0$) et $r = em$, $e$ étant la base des logarithmes népériens et $m$ la pente de la droite qui représente, sur un papier semi-logarithmique, l'équation $z = A - y/y$.

Pour préjuger de l'opportunité de représenter par une courbe logistique la croissance d'un organisme, il convient de s'assurer de ce que les valeurs observées de $A - y/y$ satisfont bien à la forme logarithmique de l'équation logistique

$$\log_e \frac{A - y}{y} = \log_e C - rt.$$

Nous avons soumis à cette analyse mathématique les valeurs observées pour la croissance des sarments de vigne de la Station de Pathologie végétale du Sud-Ouest (Bordeaux), nous avons montré [1] que les élongations observées pour chaque période nycthémérale montrent une étroite corrélation avec la température moyenne des 24 heures précédant l'observation; nous nous proposons maintenant de montrer que, malgré les fluctuations journalières, la marche générale de la croissance des sarments peut être exprimée par une fonction mathématique.

Les valeurs de $A = y/y$ calculées pour chaque valeur de $y$ correspondant aux nycthémères de température moyenne 15°, reportées sur un papier semi-logarithmique, s'alignent sur une droite de pente $m = -0{,}02844$. Dans l'équation de la courbe logistique, substituons à $e^{rt}$ la valeur correspondante, $10^{mt}$, et choisissons pour asymptote supérieure de la courbe la valeur $A = 4200$; l'équation de la courbe de croissance des sarments devient :

$$y = \frac{4200}{1 + 10^{-0{,}02844\,t}};$$

cette équation est figurée sur le graphique par la courbe de traits discontinus qui suit l'allure générale de la courbe de la croissance observée, dont les valeurs sont figurées par des cercles.

Il convient encore mieux de considérer la croissance comme le résultat de réactions autocatalytiques, susceptibles par conséquent d'être représenté graphiquement par une courbe sigmoïde dont l'équation générale est de la forme

$$\frac{dy}{dt} = ky(A - y),$$

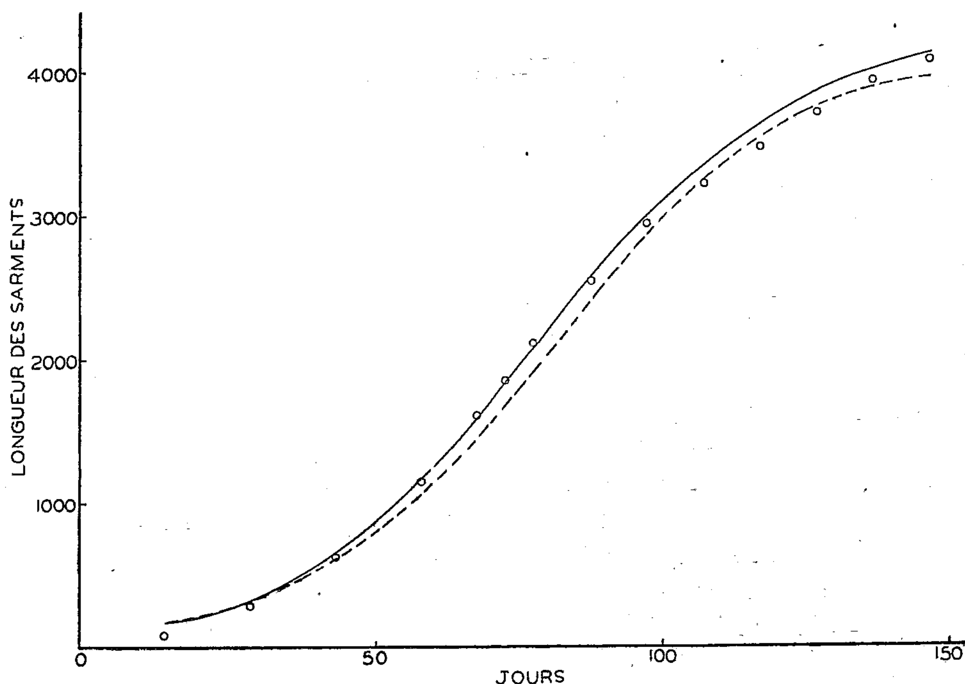
---

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 639.

qui peut s'intégrer sous la forme logarithmique

$$\log \frac{y}{A - y} = Ak(t - t_1).$$

Avec une telle équation, cependant, les valeurs calculées pour le début de




*Graphiques de croissance des sarments de vigne.* — Les élongations observées sont figurées par des cercles, la courbe « logistique » est figurée en traits discontinus, la courbe « autocatalytique » en trait plein.

la croissance sont systématiquement inférieures aux valeurs observées, ce qui s'explique puisqu'une réaction autocatalytique ne s'amorce qu'après que $y$ a acquis une certaine valeur; pour tenir compte de ce fait, l'un de nous a montré (¹) qu'il faut introduire dans l'équation une constante $\alpha$ telle que

$$\log \frac{y + \alpha}{A - y} = \log \frac{\alpha}{A} + Akt.$$

(¹) H. S. Reed, *Proc. Nation. Acad. Sc. U. S. A.*, 18, 1932, p. 1-8.

α doit représenter un déficit d'élongation dont est responsable un facteur inhibiteur, agissant surtout pendant la période initiale de la croissance.

A étant choisi égal à 4200, α ayant été calculé égal à 111 et *k* ayant été calculé égal à $0,0208 \pm 0,00197$, l'équation se représente sur le graphique par la courbe supérieure, qui se superpose pratiquement à la courbe des valeurs observées dans ses parties inférieure et moyenne.

Un retard des valeurs observées se manifeste pour la période qui correspond à la floraison et à la nouaison de la vigne; on sait en effet que la formation des organes sexuels inhibe la croissance végétative.

Ces résultats apportent donc une confirmation biométrique à l'interprétation de la croissance comme expression de phénomènes autocatalytiques.

Biochimiquement, ces phénomènes paraissent dépendre des hormones de croissance dont la signification a été récemment découverte.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le bourgeonnement des nucléoles observé chez le* Lathræa Clandestina *et chez quelques plantes à prochromosomes.* Note [1] de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'étude cytologique du *Lathræa Clandestina* nous a mis en présence d'un certain nombre de faits singuliers concernant les noyaux, leur structure et leur évolution. Nous croyons qu'il faudra en tirer des conséquences de nature à orienter les idées dans une voie nouvelle sur la question des nucléoles et de leur rôle, ainsi que sur l'interprétation à donner des noyaux dits à prochromosomes.

Les noyaux des organes les plus divers du *L. Clandestina* sont remarquables par la présence, non seulement de nucléoles presque toujours volumineux, mais encore de masses chromatiques en nombre variable, accolées contre la paroi interne de la membrane nucléaire. Cette structure paraît comparable à celle que plusieurs auteurs ont décrite dans certains noyaux du type à prochromosomes ou du type à chromocentres. Bien que nous pensions que les masses chromatiques périnucléaires du *L. Clandestina* ne répondent pas à la définition habituelle, soit des prochromosomes, soit des chromocentres, nous leur attribuerons provisoirement ce dernier nom, en attendant que l'utilité éventuelle d'une nouvelle appellation puisse être démontrée.

L'origine de ces chromocentres peut être établie d'une manière, à notre

[1] Séance du 23 avril 1934.

avis, indiscutable. Le nucléole en effet, dans presque tous les noyaux dits au repos, apparaît en voie de bourgeonnement actif et des masses chromatiques plus ou moins grosses s'observent en relation avec la substance nucléolaire par l'intermédiaire d'un tractus; ces masses atteignent la membrane nucléaire et se détachent en fin de compte du nucléole pour devenir indépendantes et constituer les chromocentres. Sans doute le rattachement de certains chromocentres au nucléole par un filet chromatique, fait d'une netteté parfaite, ne serait peut-être pas suffisant pour conclure à l'origine nucléolaire de ces derniers, mais il est facile de trouver différents stades qui prouvent incontestablement que le nucléole est le siège d'une extrusion de substance. Généralement ce bourgeonnement débute par la formation d'une sorte d'épine très courte à la surface du nucléole, puis cette protubérance se renfle à son extrémité en un globule arrondi qui s'éloigne du nucléole et atteint la membrane nucléaire contre laquelle il se déprime en prenant tout d'abord une forme triangulaire. Le tractus fin et peu coloré reliant encore à ce stade le chromocentre au nucléole se rompt alors en son milieu, phénomène qui s'accompagne parfois de la libération d'un granule chromatique dans l'intervalle.

Le bourgeonnement nucléolaire ainsi défini paraît exister dans tous les noyaux et dans tous les tissus du *Lathræa Clandestina* (tige, feuilles, méristènes, organes floraux). Il est particulièrement intense et atteint des proportions inusitées dans les cellules du tapis de l'anthère dont les noyaux, les nucléoles et les chromocentres sont spécialement gros. Il est au contraire peu apparent dans les microspores en voie de formation ; il semble donc y avoir une relation entre l'activité du nucléole et le rôle trophique des cellules. Les nucléoles sont, d'une manière constante, porteurs de quatre ou cinq bourgeons chromatiques à divers états de développement et de pareilles images ne peuvent s'expliquer d'une manière statique, en supposant que certains chromocentres sont rattachés au nucléole et que d'autres sont indépendants. Tous les fixateurs employés (Bouin, Nawaschine, Flemming, Regaud, Benda) conservent d'ailleurs à peu près également bien les chromocentres et les tractus les reliant au nucléole.

Les faits que nous venons de décrire pour le *Lathræa Clandestina* nous ont conduit à rechercher s'ils n'existeraient pas également dans les plantes où divers auteurs ont décrit soit des prochromosomes, soit des chromocentres [1]. Or chez deux d'entre elles, *Phaseolus vulgaris* et *Cucurbita Pepo*,

(1) On pourra consulter à ce sujet le travail récent d'Eichhorn : *Aperçu sur le noyau à l'état quiescent* (*Rev. génér. de Bot.*, 42, 1930, p. 449).

nous avons retrouvé avec évidence un bourgeonnement nucléolaire qui avait jusqu'ici échappé à l'attention. Nous sommes donc amené à penser que les soi-disant prochromosomes de ces deux plantes dérivent, comme chez le *Lathræa*, du nucléole : nous pouvons donc, en utilisant le terme de nucléoline déjà employé par Lenoir (¹), les considérer comme des « chromocentres de nucléoline », qu'il y aurait lieu de distinguer des « chromocentres de chromatine », seule catégorie admise jusqu'ici.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Modifications des concrétions lipidiques (stérinoplastes de Mirande) dans le bulbe de* Lilium candidum *suivant la température*. Note de M. R. **Reilhes**, présentée par M. Molliard.

Nous avons montré que les corps décrits par M. Mirande sous le nom de *stérinoplastes* dans l'épiderme des écailles du bulbe de *Lilium candidum* sont des concrétions intravacuolaires d'un complexe lipidique présentant les caractères des phospholipides, enveloppées d'une pellicule protéique. Nous avons établi en outre que ces corps renferment également, comme l'admettait Mirande, un phytostérol, mais que, pour déceler celui-ci, notamment par la réaction à la digitonine, il est nécessaire de soumettre préalablement les épidermes à l'action de la chaleur : les concrétions lipidiques étant désorganisées par un passage prolongé dans l'étuve, le phytostérol se trouve ainsi mis en liberté. Mirande a insisté sur le fait que ces corps lipidiques ne se montrent dans les écailles normales, non desséchées, du bulbe que chez le *L. candidum* qui se différencie nettement des autres espèces du même genre par des caractères très particuliers et notamment par son mode de végétation hivernale. Ce fait nous a amené à rechercher l'action de la température sur les caractères cytologiques de ce bulbe et ce sont les résultats de cette étude que nous résumons ici.

Dans les bulbes conservés au laboratoire à une température moyenne de 20°, nous avons constaté que les concrétions lipidiques deviennent extrêmement rares au bout de un ou deux mois. Des bulbes étant conservés de la sorte à partir d'octobre ne montrent plus de concrétions lipidiques en janvier. Enfin, dans un bulbe provenant du Maroc, nous n'avons pas trouvé de concrétions correspondant aux stérinoplastes.

Ainsi la végétation à température plus élevée que la normale amène la

(¹) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 698.

disparition des concrétions lipidiques. Cette disparition s'effectue suivant des processus que l'on peut suivre en élevant progressivement la température. Le bulbe de *L. candidum* placé dans l'étuve à 38°, au bout de 5 jours, montre encore dans l'épiderme de ses écailles quelques concrétions normales, mais le 6e jour celles-ci disparaissent en même temps qu'on voit apparaître des cristaux aciculaires groupés en aigrettes, solubles dans les alcalis et saponifiables, qui nous paraissent correspondre à des acides gras libérés. Dans certaines écailles, on ne trouve dans les vacuoles des cellules épidermiques ni concrétions, ni cristaux, mais on constate la présence dans le cytoplasme de ces cellules de nombreux grains d'amidou qui ne se rencontrent jamais dans l'épiderme du bulbe normal. La disparition des concrétions lipidiques est donc accompagnée d'une formation de glucides condensés en grosses molécules d'amidon. Si l'on expose un tel bulbe à l'action du froid, la température moyenne restant au-dessous de zéro, on constate que les grains d'amidon disparaissent, tandis que, dans les vacuoles de la plupart des cellules épidermiques, réapparaissent des concrétions, sous forme de masses sphéro-cristallines biréfringentes. D'autre part, la désagrégation des concrétions lipidiques ne se produit pas dans un bulbe placé à l'étuve s'il est étroitement enfermé dans une boîte de verre. Enfin on n'obtient pas la formation d'amidon si l'on opère sur des écailles détachées du bulbe qui cependant restent bien vivantes dans l'étuve, à 38°, pendant une semaine.

Dans ces conditions, on constate seulement l'hydrolyse des concrétions lipidiques et l'apparition des cristaux d'acides gras; ce résultat est obtenu : à 40° au bout de 3 jours, à 45° après 17 heures. Cependant, les cellules de l'épiderme de ces écailles sont également bien vivantes, car leurs vacuoles sont encore colorables vitalement et ces cellules sont toujours plasmolysables. A 50° au bout de 4 heures, à 53° au bout de 2 heures, on observe également la disparition des concrétions lipidiques et la formation des mêmes cristaux en aigrettes bien que les cellules des écailles ainsi traitées soient mortes. Nous avons suivi les transformations que subissent à partir de ces températures les concrétions lipidiques dans les lambeaux d'épidermes placés entre lame et lamelle dans une boite de Petri contenant un godet d'eau. A 58°, au bout de 20 à 30 minutes, on observe dans les vacuoles des cellules épidermiques, des figures myéliniques qui présentent finalement l'aspect de cordons pelotonnés : cette transformation se produit exatement comme dans les écailles sèches situées à la périphérie du bulbe de tous les Lis. L'épiderme placé dans l'étuve montre donc une accélération de ses

transformations normales. A 58°, au bout d'une heure, le contenu cellulaire vacuolaire paraît homogène, mais il suffit de prolonger le séjour dans l'étuve de 10 minutes à la même température pour voir apparaître les cristaux aciculaires d'acides gras. Ces transformations ne se produisent pas dans un épiderme chauffé dans l'eau, dans la vapeur d'eau ou sous lamelle lutée. On obtient donc régulièrement, au bout d'un temps déterminé pour la température correspondante, la disparition des concrétions lipidiques et la formation de cristaux aciculaires en aigrettes dans l'épiderme des écailles placées dans l'étuve. Les mesures effectuées de 58 à 65° nous ont permis de construire une courbe qui répond à la loi de Van't Hoff, sur la variation de la vitesse d'une réaction chimique suivant la température.

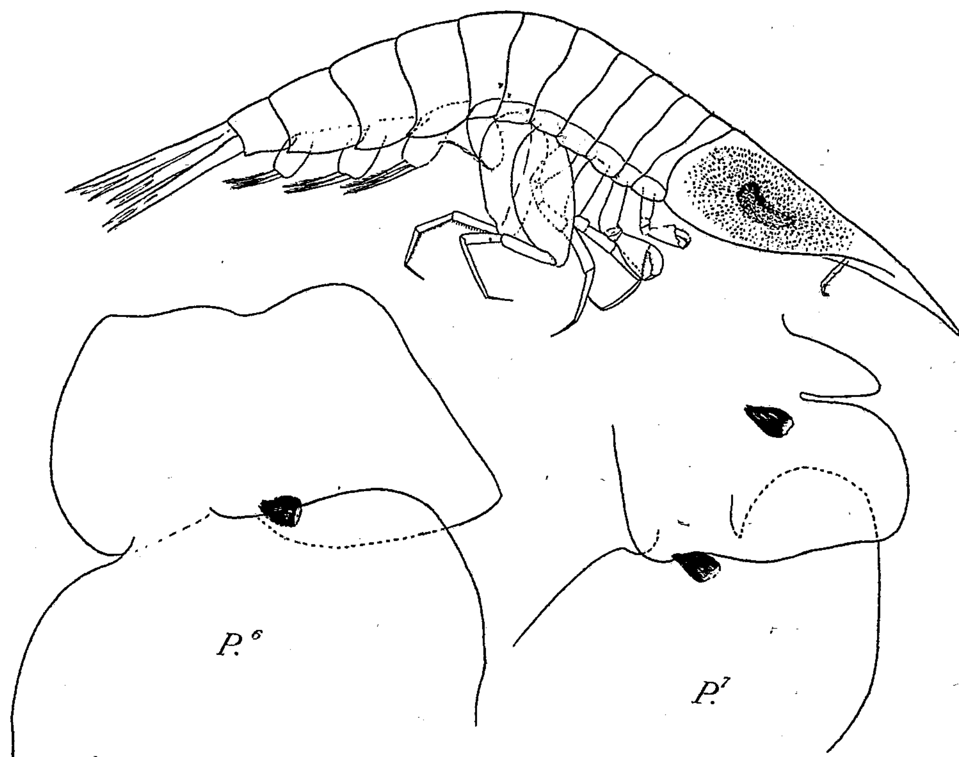
Il résulte donc de ces faits que la température règle la vitesse de transformation des lipides en agissant non seulement sur l'hydrolyse qui libère les acides gras, mais également sur l'ensemble des phénomènes qui transforment les acides gras en glucides. Les deux séries de réactions sont d'ailleurs liées l'une à l'autre et, de plus, la transformation des acides gras en glucides peut être en rapport avec la respiration. Mais quand on descend vers la température moyenne à laquelle le bulbe de *L. candidum* végète pendant l'hiver, la vitesse de transformation des lipides devient pratiquement nulle, l'équilibre entre les glucides et les lipides s'établit en faveur des lipides qui sont alors concrétionnés dans les vacuoles des cellules épidermiques.

ZOOLOGIE. — *Sur la présence d'organes lumineux chez les Amphipodes pélagiques.* Note de M. **Louis Fage**, présentée par M. Ch. Gravier.

Les organes lumineux, ordinairement assez fréquents chez les formes bathypélagiques, sont remarquablement rares dans la classe des Crustacés. A l'exception des Euphausiacés, bien pourvus à ce point de vue, on ne connaît d'organes lumineux munis de réflecteur et de lentille que chez un petit nombre de Décapodes appartenant principalement aux genres *Sergestes*, *Acanthephyra*, *Systellapsis*. Leur présence dans le groupe entier des Amphipodes est restée jusqu'à ce jour ignorée. Il y a lieu, toutefois, de rappeler que Woltereck a signalé, au voisinage des yeux des *Scypholanceola*, une paire d'organes réflecteurs qui seraient peut-être susceptibles d'émettre de la lumière.

Or, au cours de la première croisière du navire de recherches *Président-Théodore-Tissier*, nous avons eu la bonne fortune de capturer, par 500$^{m}$ de

profondeur, au large de la côte atlantique du Maroc, un Amphipode pélagique qui porte, de chaque côté du mésosome, au niveau du sixième segment, trois organes lumineux. En réalité, le plus antérieur de ceux-ci est situé entre le coxa et le basis du périopode 6 tandis que les deux autres sont placés respectivement sur le coxa et entre le coxa et le basis du périopode 7. Il s'agit d'organes isolés, en forme de coupe allongée, dont le fond et les parois




*Streetsia nyctiphanes*, sp. nov. ♀ ad. × 10 — P⁶ et P⁷, base des péréiopodes 6 et 7 × 60.

sont tapissés d'une épaisse couche pigmentaire brunâtre. Cette coupe est en partie remplie par de grosses cellules d'apparence glandulaire et son ouverture est recouverte par une membrane blanchâtre à structure polygonale, comme celle qui ferme les organes lumineux de certains poissons bathypélagiques tels que les *Cyclothone*, par exemple. Ces photophores, de dimension extrêmement réduite puisqu'ils mesurent seulement, suivant leur grand axe, $0^{mm},08$, sont orientés de manière à éclairer obliquement et en arrière.

Le genre *Streetsia*, auquel appartient cet Amphipode, comprend 6

ou 7 espèces, toutes plus ou moins bathypélagiques. Le même coup de filet, exécuté de $15^h 40^m$ à $16^h 10^m$ par 33°46′ N et 11°19′ W, et qui nous a donné l'individu examiné ici — une femelle de $10^{mm}$ dont la poche incubatrice est remplie d'œufs récemment pondus — a rapporté également des *Acanthoscina*, *Eupronoë*, *Simorhynchotus*, *Calamorhynchus*, *Platyscelus*, c'est-à-dire toute une faune de profondeur.

Cet individu se distingue des espèces actuellement décrites, non seulement par la présence de ses organes lumineux, mais aussi par l'ensemble des caractères suivants : dernier segment de l'urosone à peine d'un tiers plus court que le telson qui se termine brusquement en pointe aiguë; branche interne des uropodes 2 et 3 dilatée et les deux branches des uropodes 1 subsemblables régulièrement rétrécies de la base à l'extrémité; gnathopodes de même forme que ceux du *Streetsia carinata* Bov. mais avec le bord antérieur du carpe des gnathopodes 2 serrulé; basis du péréiopode 7 de même longueur que l'ensemble des articles suivants. Ce dernier caractère, en particulier, différencie notre espèce du *Streetsia porcellus* Claus avec lequel elle présente certaines affinités. Il s'agit donc d'une espèce nouvelle que nous proposons d'appeler *Streetsia nyctiphanes*, sp. nov.

ZOOLOGIE. — *Une nouvelle espèce de poissons abyssaux :* Saccopharynx Schmidti. Note de M. **Léon Bertin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le genre *Saccopharynx* de Mitchill (sous-ordre des Lyomères; famille des Saccopharyngidés) ne comprenait jusqu'ici que deux espèces : *S. ampullaceus* (Harwood), connue par quatre spécimens, et *S. Harrisoni* Beebe, représentée par l'unique exemplaire du Musée de New-York. Seules, ces deux espèces sont mentionnées dans mon travail de mise au point sur la systématique des Lyomères (¹). Or j'ai reçu de Copenhague un nouveau *Saccopharynx*, capturé par le *Dana* sur la côte orientale d'Australie, et qui constitue nettement le type d'une troisième espèce. Je lui donne, comme il se doit, le nom de *Saccopharynx Schmidti*, en souvenir du Dʳ Johs. Schmidt, chef des expéditions du *Dana* et directeur du Laboratoire Carlsberg.

*Diagnose.* — Corps extrêmement allongé et se réduisant progressivement en hauteur

(¹) *Bull. Mus. Hist. Nat.*, Paris; 6, 1934, p. 26-31.

depuis la tête jusqu'à l'extrémité caudale. Tête volumineuse, formée presque entièrement par les mâchoires et leurs suspenseurs qui, dépassant beaucoup le crâne en arrière, supportent une vaste poche membraneuse en forme d'entonnoir. Abdomen se raccordant insensiblement à la queue et ne formant *pas de saillie abdominale en arrière de l'anus*. Queue étirée en lanière. *Yeux petits* et situés presque à l'extrémité de la tête, à la base du rostre flexible (ethmoïde) qui sert d'attache à la mâchoire supérieure. Narines invisibles par suite du mauvais état du tégument. Dents assez longues, fines, crochues, au nombre de 30-40 par demi-mâchoire. Fentes branchiales rectilignes, longitudinales, très rapprochées l'une de l'autre sur la face ventrale et beaucoup plus proches de l'extrémité du museau que de l'anus. Ni opercules, ni rayons branchiostèges. Quatre paires de branchies en houppes. Pectorales petites, pédonculées, insérées horizontalement au-dessus de la partie postérieure des fentes branchiales. *Anale commençant près de l'anus qui est lui-même sous les 35e-36e rayons dorsaux*. Anale et dorsale s'arrêtant à une grande distance de l'extrémité de la queue. Pas de nageoire caudale mais *un organe, probablement lumineux, élargi dorsalement, situé très près de l'extrémité caudale*. Ligne latérale formée de tubules courts, isolés ou groupés par deux, et répartis, sans métamérisation bien nette, dans toute la longueur du corps. Quelques rangées de tubules sur la tête. *Pas de filaments latéro-dorsaux* insérés sur les deux lignes claires qui accompagnent la nageoire dorsale. *Trois filaments insérés, respectivement, un peu à gauche, un peu à droite et exactement sur le milieu de la crête dorsale, dans la partie postérieure de la queue*. Coloration, après séjour dans l'alcool, d'un brun noirâtre, plus claire à la base des nageoires anale et dorsale et au bout de la queue. Deux sillons bleuâtres commençant à l'arrière du crâne et bordant la nageoire dorsale dans toute sa longueur.

*Caractères différentiels*. — Les caractères soulignés dans la diagnose ci-dessus distinguent *Saccopharynx Schmidti* des autres espèces du même genre. Lui sont propres : l'absence de saillie abdominale en arrière de l'anus, la situation de cet orifice sous les 35e-36e rayons dorsaux, la présence de trois filaments au bord dorsal, dans la partie postérieure de la queue. Lui sont communs avec *S. Harrisoni* : l'absence de filaments latéro-dorsaux et l'existence d'un organe caudal. Mais celui-ci diffère largement de forme et de structure entre les deux espèces. Lui sont communs avec *S. ampullaceus* : la petitesse des yeux et la faible distance qui sépare l'anale de l'anus.

*Caractères métriques*. — Longueur totale 1380mm. En pour 100 de la longueur totale : longueur de la tête (distance prébranchiale) 7,3; longueur de la tête et du tronc (distance préanale) 22; longueur de la queue 78; distance prédorsale 17,7. En pour 100 de la distance préanale : longueur des mâchoires 22,6. En pour 100 de la longueur de la tête : longueur du museau 13,7; diamètre oculaire 2,4. En réalité, les proportions du corps changent beaucoup par suite de la rétraction dans les liquides conservateurs et ne doivent être utilisées qu'avec circonspection dans la systématique des *Saccopharynx*.

*Lieu et date de capture.* — Station 3655 du *Dana* 33°39′ S, 159° E. A 1000$^{km}$ environ de la côte orientale d'Australie (Sydney). Pris avec un filet traînant de 3$^{m}$ de diamètre et 1000$^{m}$ de longueur de câble, le 28 janvier 1929. Seul *Saccopharynx* actuellement connu provenant de l'océan Pacifique.

PHARMACODYNAMIE. — *Influence de l'atropine sur les effets intestinaux de l'adrénaline.* Note (¹) de M. RAYMOND-HAMET, présentée par M. Charles Richet.

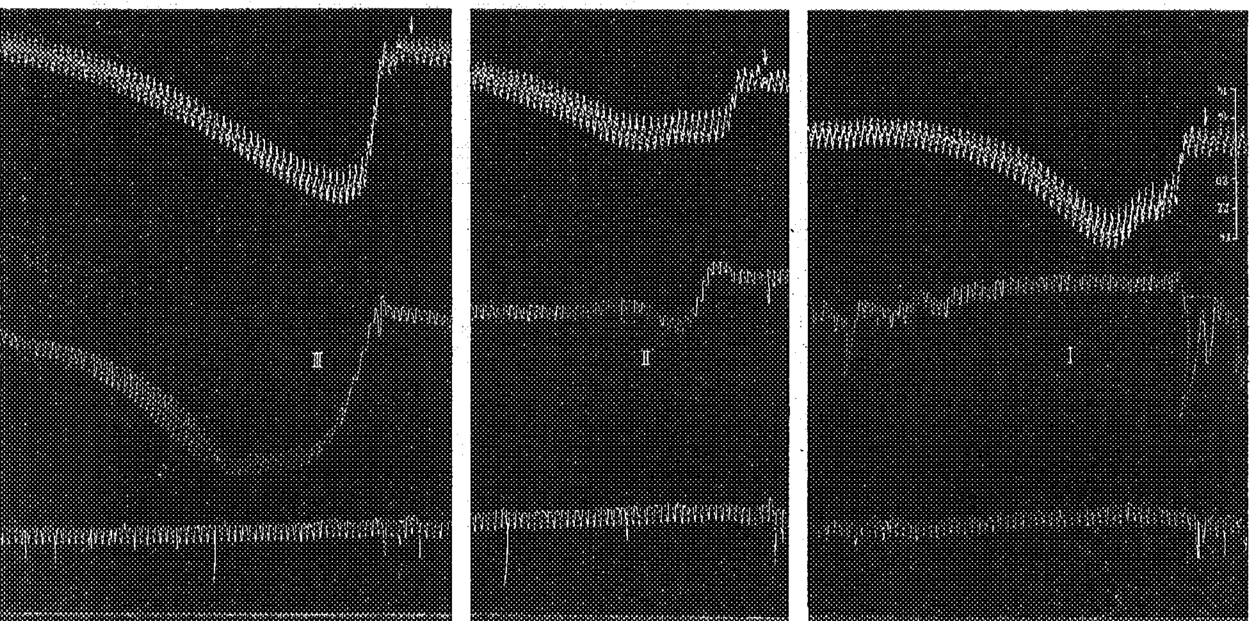
On a cru pendant longtemps que les substances sympathicolytiques ne pouvaient inverser que les effets sympathiques moteurs et n'exerçaient aucune influence sur les effets sympathiques inhibiteurs, mais les travaux de Rothlin et les nôtres ont montré que lesdites substances, si on les fait agir à dose suffisante, inversent aussi ces effets inhibiteurs.

On sait aussi que l'on a considéré l'atropine comme une substance sympathicolytique parce qu'à forte dose, elle diminue et peut même supprimer les effets hypertenseurs et vaso-constricteurs rénaux d'une dose moyenne d'adrénaline. Or nous avons pu constater qu'à des doses qui diminuent seulement l'action hypertensive de l'adrénaline, l'atropine inverse nettement les effets de cette amine sur le tonus intestinal. Alors, en effet, que, chez l'animal normal, une dose moyenne d'adrénaline, abaisse le tonus de l'intestin, cette même dose provoque, chez l'animal fortement atropinisé, une hausse marquée de ce tonus. Cette hausse est d'autant plus accentuée que l'hypertension qui l'accompagne est plus forte, c'est-à-dire que la dose d'adrénaline injectée est plus élevée. La figure qui accompagne notre Note permet de constater qu'il y a un parallélisme évident entre le tracé de la pression carotidienne et celui que fournit l'enregistrement, par la méthode du ballon, des modifications du volume interne de l'intestin grêle.

L'enregistrement simultané des mouvements respiratoires nous a permis de constater que l'élévation apparente du tonus intestinal, provoquée par l'adrénaline chez l'animal atropinisé, n'est pas due à une action que cette amine exercerait alors sur le diaphragme.

Trois arguments cependant nous interdisent de considérer comme une

(¹) Séance du 23 avril 1934.




Expérience du 20 novembre 1938. — Chien de 14$^{kg}$, anesthésié par le chloralose (12$^{cg}$ par kilogramme), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. — Première ligne : temps en secondes. Deuxième ligne : enregistrement des mouvements respiratoires par le cardiographe double de Marey. Troisième ligne : contractions de la musculature circulaire de l'intestin grêle enregistrées par la méthode du ballon. Quatrième ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. On a injecté, dans la saphène, aux points marqués par les flèches, en I et en II, 0$^{mg}$,05 d'adrénaline en solution dans 5$^{cm^3}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium, en III, 0$^{mg}$,20 d'adrénaline en solution dans 20$^{cm^3}$ du même soluté. Entre le tracé I et le tracé II, on a injecté, dans la saphène, 70$^{mg}$ de sulfate d'atropine, en cinq injections égales successives. — Tracés réduits des 6/10$^{es}$.

manifestation sympathicolytique directe cette inversion apparente des effets intestinaux normaux de l'adrénaline. Tout d'abord, on sait que l'inversion des effets inhibiteurs de l'adrénaline exige une dose plus forte d'ergotamine ou de yohimbine que celle qui est nécessaire pour inverser ses effets moteurs. Or, à des doses qui diminuent à peine l'action hypertensive de l'adrénaline, l'atropine — comme nous l'avons vu — inverse déjà l'action hypotonique intestinale de cette amine. En outre, l'inversion par une substance sympathicolytique des effets inhibiteurs intestinaux de l'adrénaline se traduit non seulement par une hausse du tonus de la musculature circulaire de l'intestin grêle, mais encore par un renforcement du péristaltisme de cet organe. Or ici, le tonus s'élève sans que le péristaltisme soit modifié. Enfin, s'il s'agissait d'une manifestation sympathicolytique normale, on devrait constater, comme dans tous les cas d'antagonisme, que l'inversion est d'autant moins marquée que la dose d'adrénaline injectée est plus forte. Or, chez l'animal qui a reçu une dose d'atropine déterminée, l'adrénaline augmente d'autant plus le tonus intestinal qu'on en injecte davantage.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le glucoside des graines de Coronille.* Note de M. G. **Tanret**, présentée par M. A. Desgrez.

Schlagdenhaufen et Reeb (1884-1895) ont décrit sous le nom de coronilline un glucoside cardiaque qu'ils avaient retiré des graines fournies par divers genres de *Coronilla* (Légumineuses) : l'étude n'en a pas été reprise depuis. Voulant le comparer au glucoside des feuilles de Laurier-Rose ([1]), nous avons entrepris quelques recherches nouvelles sur ses propriétés chimiques et ses propriétés physiologiques.

I. Les graines ont été traitées par une méthode semblable à celle employée pour les feuilles de Laurier-Rose. L'extrait, après défécation plombique, a été épuisé à l'acétone qui l'a scindé en deux fractions : l'une, insoluble dans ce solvant, surtout riche en sucres; l'autre, soluble, renfermant la partie glucosidique.

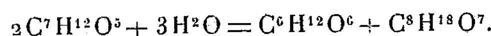
1° Les sucres (25 à $50^g$ au kilog) sont formés par un mélange de saccharose et de stachyose, qu'on a retirés tous deux à l'état cristallisé. *C. scor-*

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 914; H. Simonnet et G. Tanret, *ibid.*, p. 1099.

*pioïdes* est pauvre en stachyose, *C. varia* est un peu plus riche (3 parties de stachyose pour 7 parties de saccharose). Les graines sont presque entièrement dépourvues d'amidon.

2° La partie glucosidique, par précipitations répétées au sulfate d'ammoniaque, a donné la coronilline (coronilloside). C'est un corps blanc, très amer, non hygrométrique, soluble dans l'eau, qui parfaitement déshydraté est peu soluble dans l'alcool absolu, mais qui se dissout facilement dans l'alcool à 95° : comme les chimistes nancéiens, nous n'avons pu l'obtenir cristallisé. Les rendements ont été de 7 à 8$^g$ au kilog pour *C. scorpioïdes*, de 0$^g$,80 pour *C. varia*. Le glucoside a pour pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -17°,6$. Il donne avec les acides des métaux lourds quelques-unes des réactions de précipitation des glucosides cardiaques à poids moléculaire élevé.

Schlagdenhaufen et Reeb, le chauffant avec HCl étendu, l'avaient dédoublé en une substance réductrice qu'ils avaient, par cela même, considérée comme étant du glucose, et en une substance insoluble, brune, amorphe, la coronilligénine : ils avaient représenté ce dédoublement par la formule



$$2C^7H^{12}O^5 + 3H^2O = C^6H^{12}O^6 + C^8H^{18}O^7.$$

De l'hydrolyse sulfurique, nous avons isolé le glucose à l'état cristallisé. D'autre part, la cryoscopie et l'analyse élémentaire nous font proposer pour ce glucoside — avec les réserves que commande un corps amorphe, dépourvu de tout caractère de pureté — la formule $C^{23}H^{33}O^{10}$ et pour le produit amorphe de dédoublement la formule $C^{17}H^{23}O^5$ : les proportions de glucose et d'aglucone qui se forment au cours de l'hydrolyse permettent de traduire celle-ci par l'équation



$$C^{23}H^{33}O^{10} + H^2O = C^6H^{12}O^6 + C^{17}H^{23}O^5.$$

La coronilline n'est pas dédoublée par l'émulsine des amandes ni par le macéré de levure basse. Elle l'est au contraire par le liquide de macération de l'*Aspergillus niger* et par le suc digestif de l'Escargot : avec celui-ci la réaction est extrêmement rapide et dans la liqueur d'hydrolyse il se dépose des aiguilles blanches, parfaitement cristallisées, fondant à 243°, ayant en solution alcoolique un pouvoir rotatoire dextrogyre $[\alpha]_D = +38°$ et pour lesquelles les chiffres d'analyse fixent la formule $C^{14}H^{18}O^3$. Le rendement en produit cristallisé est environ deux fois moindre que celui de la coronilligénine sulfurique, la seconde fraction de l'aglucone étant constituée par un corps amorphe, partiellement soluble dans l'eau. Le dédoublement par les ferments est donc plus complexe que celui provoqué par les acides :

tant que le coronilloside n'aura pas été obtenu cristallisé, on ne pourra affirmer que ces aglucones différentes proviennent d'un seul et même corps, ou ne sont pas produites par le dédoublement de deux glucosides voisins que leur état amorphe n'a pas permis de séparer.

3° Rappelons que les graines de coronille sont au nombre de celles qui contiennent de l'acide urique, ainsi que l'ont montré récemment MM. Fosse, de Graeve et Thomas [1].

II. L'étude physiologique de la coronilline a surtout été faite par Schlagdenhaufen et Gley (1889), par Marimaldi (1898); son étude clinique, par Spillmann et Haushalter (1889). Nos expériences de contrôle ont principalement porté sur sa toxicité, son action cardiaque, son action rénale.

Les chiffres de toxicité sont assez variables selon les auteurs. Pour la dose mortelle et par kilogramme d'animal, nous avons trouvé les chiffres suivants : chien, $0^{mg},72$ par voie intraveineuse; lapin, $1^{mg},25$ par voie intraveineuse et $4^{mg},25$ par voie sous-cutanée; cobaye, $2^{mg},75$ par voie intrapéritonéale.

Injecté au chien chloralosé, le glucoside produit d'emblée une élévation notable de la pression artérielle : celle-ci revient lentement à la normale pour des doses faibles ou moyennes ($0^{mg},25$ à $0^{mg},45$ par kilogramme), elle s'abaisse profondément pour des doses plus fortes ($0^{mg},65$ par kilogramme). Il y a en même temps élévation de la glycémie (14 à 37 pour 100 pour la dose de $0^{mg},45$ par kilogramme) : la hausse de pression est supprimée par la double surrénalectomie, faits qui montrent l'action adrénalino-sécrétoire du glucoside. Parallèlement il y a ralentissement du rythme cardiaque et augmentation d'amplitude des contractions, mais avec une intensité moins forte que dans le cas du Laurier-Rose, et avec une durée moins prolongée.

Quant à l'action diurétique, discutée, elle ne s'est montrée réelle qu'aux doses moyennes ($0^{mg},45$ par kilogramme) : des doses faibles amènent une certaine diminution du débit urinaire, des doses fortes une anurie totale.

Par sa toxicité plus élevée, par son action cardiaque modérée, par son pouvoir diurétique limité, la coronilline (coronilloside) paraît donc douée d'une activité inférieure à celle du glucoside du Laurier-Rose, et ne constituer ainsi qu'un cardiotonique d'une valeur très secondaire.

---

(1) Fosse, de Graeve et Thomas, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1411.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude des protéides du sérum par la filtration sur des membranes de porosité graduée.* Note de M. **Pierre Grabar**, présentée par M. Ch. Achard.

Nous proposons d'appeler ultrafiltration fractionnée l'opération qui consiste à séparer par filtration sur des membranes de porosité déterminée les composants d'un liquide contenant des molécules ou micelles de grandeurs différentes.

Nous avons soumis à l'ultrafiltration fractionnée le sérum (de cheval) et des solutions de ses constituants protéidiques dans du liquide de Ringer-Locke de pH voisin de celui du sérum.

Pour préparer les membranes elles-mêmes et mesurer leur porosité, nous nous sommes adressé aux procédés décrits par Elford (1). En ce qui concerne la filtration nous avons employé soit des appareils métalliques du même auteur, soit nos appareils entièrement en verre (2). Les appareils ont été stérilisés, les membranes tyndallisées, les liquides filtrés au préalable sur des membranes retenant les microorganismes (3).

L'ultrafiltration proprement dite est compliquée, au début de la filtration, par des phénomènes d'adsorption dus à la membrane et, ultérieurement, par le colmatage de celle-ci, colmatage spécialement rapide lorsque le liquide contient des particules de dimension supérieure aux pores. De toute façon la perméabilité de la membrane, et partant la teneur du filtrat, pourra varier au cours de la filtration, de sorte qu'il est nécessaire de suivre par l'analyse (4), dans le filtrat lui-même, la concentration des protéides étudiés. On pourra déterminer ainsi la concentration maxima atteinte, ce qui constitue le point important et le but de l'opération.

Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi :

1. *Pour le sérum.* — Des membranes de diamètre moyen des pores ($d$) égal à $9^{m\mu}$ ne laissent passer aucune substance précipitable par l'acide trichloracétique; en employant des membranes de porosité croissante on

(1) *Journ. Pathol. and Bacter.*, 34, 1931, p. 505.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, Strasbourg, 20 avril 1934.

(3) Diamètre moyen des pores ($d$) de $0^{\mu},5$ environ.

(4) Les filtrats sont analysés : qualitativement en utilisant l'acide trichloracétique, ainsi que le sulfate d'ammonium à diverses concentrations; quantitativement par dosage de l'azote total ou de l'azote protéidique.

obtient des filtrats de plus en plus riches en protéides, mais jusqu'à $d = 40^{m\mu}$ ces quantités sont faibles; quand $d = 90^{m\mu}$ les protéides passent totalement. Les membranes, même de $d = 40^{m\mu}$, sont colmatées très rapidement. La sérumalbumine traverse la membrane plus facilement que les sérumglobulines, et il en est ainsi pour la pseudoglobuline par rapport à l'euglobuline; ces dernières observations sont plus nettes avec du sérum dilué.

2. *Pour des solutions de poudre de sérum délipidée* ([1]). — Les résultats sont en général analogues à ceux obtenus avec le sérum dilué; ils diffèrent cependant par les points suivants : pour obtenir des filtrats exempts de protéides il suffit d'employer des membranes de $d = 15^{m\mu}$, et même avec des membranes de $d = 90^{m\mu}$ on ne parvient pas à obtenir la totalité des protéides dans le filtrat.

3. *Pour des solutions de sérumalbumine* ([2]). — La limite inférieure est la même que pour le sérum ($d = 9^{m\mu}$), tandis que ce corps passe entièrement à travers des membranes de $30^{m\mu}$. Pour des solutions de sérumalbumine délipidée ([3]) la limite inférieure est de $d = 10^{m\mu}$.

4. *Pour des solutions de pseudoglobuline.* — La limite inférieure se tient aux environs de $17^{m\mu}$; la limite supérieure, bien plus élevée que celle de l'albumine, est voisine de $d = 80^{m\mu}$ (au lieu de $30^{m\mu}$).

5. *Pour des solutions d'euglobuline.* — Nous ne pouvons pas prendre en considération les résultats obtenus, car ces solutions ont tendance à floculer.

De toutes ces observations, nous pouvons tirer les conclusions suivantes : *a.* les substances non délipidées contiennent soit des produits diminuant l'adsorption, soit des particules plus petites que celles de la sérumalbumine purifiée; *b.* les globulines diffèrent de l'albumine par la grandeur ou la forme de leurs particules, à moins que les globulines ne soient plus fortement adsorbées par les membranes; *c.* il est probable qu'il existe des différences du même genre entre la pseudoglobuline et l'euglobuline, toutefois les réactions classiques qui permettent de distinguer ces deux protéides n'étant pas très sensibles, nous ne pouvons l'affirmer.

---

([1]) Préparée selon L. F. Hewitt, *Biochem. J.*, 21, 1927, p. 216.

([2]) La sérumalbumine a été obtenue par précipitation fractionnée par le sulfate d'ammonium et par dialyse; la pseudoglobuline et l'euglobuline étudiée ci-dessus par la même technique.

([3]) Préparée selon P. Grabar; *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 1094.

MICROBIOLOGIE. — *Recherches sur l'autolyse. Les autolysines spécifiques.* Note de M. E. **Wollman**, présentée par M. F. Mesnil.

La nature exacte des phénomènes d'autolyse reste obscure malgré le nombre considérable de travaux consacrés à ce processus. La question reste ouverte, notamment de savoir si la lyse cellulaire est un phénomène *sui generis* relevant de l'action de diastases particulières (autolysines) ou si elle est la manifestation de l'action banale, en quelque sorte, de diastases connues (protéases, lipases, etc.), rendue possible par l'altération du fonctionnement cellulaire normal.

Ayant été amené à envisager l'hypothèse de l'existence des autolysines au cours de nos recherches sur la bactériophagie, nous avons pu établir le rôle propre de ces substances dans l'autolyse de certaines bactéries.

Le point de départ de ces recherches fut fourni par certaines contradictions dans les données que l'on possédait sur la bactériophagie. Alors qu'il semblait bien établi que celle-ci était l'apanage de bactéries vivantes en voie de multiplication, on avait pu, dans certaines conditions particulières, observer la lyse de bactéries tuées par la chaleur. C'est ainsi que Gratia et Rhodes, de même que Twort, avaient pu montrer que si, à du staphylocoque vivant, sensible à un bactériophage donné, l'on ajoute, en présence de celui-ci, une suspension du même staphylocoque tué, ce dernier se lyse également, alors que la lyse fait défaut en présence du bactériophage seul. Attribué à l'action directe du bactériophage, ce fait se trouvait en opposition avec l'ensemble des données que l'on possédait sur la lyse transmissible. Il nous avait paru probable que la lyse des bactéries mortes ainsi observée relevait d'un facteur surajouté autre que le bactériophage et dont il s'agissait de préciser la nature. Cette hypothèse ne tarda pas à être confirmée par l'expérience.

Nous avons pu montrer (avec M$^{me}$ Wollman) [1] que la lyse de Staphylocoques morts pouvait s'observer, dans les conditions qu'on vient de rappeler, non seulement pour des souches sensibles à l'action du bactériophage employé, mais aussi avec des souches qui lui étaient totalement réfractaires; on pouvait obtenir, également dans les conditions de ces expériences, la lyse de Staphylocoques réfractaires vivants. Ces faits permettaient, à eux seuls, de mettre hors de cause l'action directe du bactériophage

[1] *Ann. Institut Pasteur*, 49, 1932, p. 41; *C. R. Soc. Biol.*, 110, 1932, p. 636.

dans le phénomène étudié. D'autres expériences devaient confirmer cette façon de voir en montrant que la lyse de bactéries tuées pouvait être obtenue, dans des conditions analogues, en dehors de toute intervention des bactériophages. C'est ainsi que les Staphylocoques morts, résistants par eux-mêmes à l'action de l'anaérobiose, se lysent (Duran Reynals) (¹) si on les mélange, en atmosphère confinée, avec du Staphylocoque vivant qui, lui, subit, dans ces conditions, une autolyse intense (Jaumain). De même des Pneumocoques virulents tués ou des Pneumocoques avirulents, vivants ou morts, qui, tous, résistent à l'action de la bile, se lysent (Wollman et Averbuch) si, en présence de cette substance, on les additionne de Pneumocoque virulent et vivant, lysable par la bile. En résumé, quel que soit le procédé employé pour déterminer l'autolyse d'un germe vivant, la lyse observée peut, pour certaines bactéries, s'étendre à des germes morts ou à d'autres germes vivants de même espèce insensibles par eux-mêmes à l'action du facteur employé. Nous avons donné à ce phénomène le nom de *lyse secondaire* (²).

Quel est le mécanisme de cette *lyse secondaire ?*

Au début de ces recherches, la présence de germes vivants en voie d'autolyse avait paru être une condition nécessaire. Pour nous en tenir au cas de la lyse bactériophagique du Staphylocoque, $10^{-7}$ cm³ et même $10^{-8}$ cm³ de filtrat actif suffisent à amener la lyse d'une culture de Staphylocoque vivant sensible et, en présence de celui-ci, d'une suspension contenant plusieurs milliards de Staphylocoques tués. Or, en l'absence de germes vivants, un tel filtrat, même à des doses relativement très élevées ($10^{-1}$ cm³), ne détermine pas la clarification d'une suspension, même légère, de Staphylocoques morts.

De nouvelles expériences montrèrent, pourtant, que la lyse secondaire se fait sous l'action de substances solubles mises en liberté par les germes vivants au cours de leur autolyse. C'est ainsi que le lysat bactériophagique de Staphylocoque fraîchement préparé et débarrassé, par filtration, de tout germe vivant, détermine la clarification d'une suspension de Staphylocoque mort lorsqu'on le mélange à celui-ci à doses très massives (0,5 et 1 cm³). La lyse des germes tués, dans ces conditions, est d'autant plus intense que la quantité des germes vivants ayant servi à la préparation du filtrat était plus élevée. L'existence des diastases autolytiques, ou *autolysines*, se trouve ainsi établie.

---

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926. p. 242.
(²) *C. R. Soc. Biol.*, 112. 1933, p. 164.

Un des caractères les plus remarquables de ces autolysines est leur spécificité biologique prononcée. Les autolysines staphylococciques, par exemple, n'agissent que sur les Staphylocoques, ou encore sur les sarcines, groupe biologiquement très voisin. Les autolysines du *B. subtilis* ne déterminent la lyse que des bactéries de ce groupe et la lyse biliaire du pneumocoque n'a pu être transmise qu'à d'autres pneumocoques, à l'exclusion de genres même voisins, comme le Streptocoque. Cette spécificité biologique différencie nettement les autolysines des diastases lytiques « omnibus », telles que les protéases, les lipases, etc. A l'encontre de ce qui se passe pour les bactériophages, les autolysines s'épuisent au cours de leur action.

Le phénomène de lyse secondaire a permis de déceler l'existence d'autolysines chez certaines bactéries (Staphylocoques, *B. subtilis*, Pneumocoques). Avec d'autres groupes, les résultats furent négatifs. Il est probable, néanmoins, que le mécanisme de l'autolyse est essentiellement le même partout et que les résultats négatifs obtenus avec les bactéries du groupe coli-typhique, par exemple, s'expliquent par l'insuffisance de la méthode employée. La lyse secondaire ne peut avoir lieu que si les autolysines sont produites en excès. Qu'il en soit autrement ou que les autolysines, plus fragiles, se détruisent au fur et à mesure de leur mise en liberté, et la lyse secondaire, témoin de leur action, fera défaut.

A 15ʰ45ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

L'Académie décide d'affecter le prix Alexandre Darracq de cent mille francs, pour l'année 1936, à des recherches relatives à la découverte d'un procédé économique, permettant de fabriquer de l'acide sulfurique avec des matériaux existant sur le sol national. A défaut de la mise au point complète d'un procédé nouveau répondant au but poursuivi, l'Académie se réserve la possibilité d'attribuer sur les arrérages de cette fondation, des récompenses aux savants, industriels et inventeurs, qui, par leurs travaux, auraient contribué à faciliter la solution du problème posé.

La séance est levée à 16ʰ.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 7 MAI 1934.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MAGNÉTISME. — *Emploi, avec le grand électroaimant de Bellevue, d'une bobine supplémentaire destinée aux expériences de magnétooptique où le faisceau est normal aux lignes de force.* Note de MM. **A. Cotton** et **Tsaï Belling**.

Pendant ces dernières années nous avons poursuivi la réalisation des bobines supplémentaires, destinées à accroître au besoin les champs donnés par le grand électroaimant, dont l'emploi avait été envisagé déjà il y a plus de vingt ans. Nous ne parlerons aujourd'hui que d'une de ces bobines, parce qu'elle a déjà été mise à l'épreuve, ayant effectivement servi depuis l'année dernière à plusieurs recherches.

Cette bobine donne des champs moins intenses que celle qui est destinée à servir avec de petites pièces polaires rondes : il est moins intéressant par suite de l'employer seule, comme bobine *sans fer*. Elle est construite spécialement pour être placée entre les grosses pièces polaires en forme de coin de l'électroaimant (pièces terminées par des dièdres d'angle droit, tronqués eux-mêmes par de longues facettes en forme de rectangles $250^{mm} \times 10^{mm}$). C'est une bobine à éléments rectilignes dont le projet a été présenté déjà (1). Sans insister sur les détails de réalisation, que l'un de nous (T.) publiera ailleurs, nous indiquerons ici les principales caractéristiques de l'instrument.

---

(1) *Rapport au VIe Congrès de Physique Solvay*, dans le volume *Le Magnétisme*, 1930, p. 394.

*Enroulement de la bobine.* — L'enroulement est fait avec du tube de cuivre de section carrée (5$^{mm}$ de côté) percé d'un trou également carré (3$^{mm}$ de côté). Vingt morceaux de ce tube, long de 1$^{m}$,50, sont associés convenablement de façon à constituer pour la bobine autant de sections qui sont parcourues en série par le courant électrique et en parallèle par l'eau de refroidissement. La coupe de l'enroulement, supposée faite par le plan de symétrie (vertical) parallèle aux lignes de force du champ, a sensiblement la forme de deux trapèzes situés l'un au-dessus, l'autre au-dessous de l'entrefer. Les côtés parallèles de ces trapèzes sont horizontaux; les petits côtés sont distants de 15$^{mm}$. Chacun de ces trapèzes contient les sections disposées en 5 couches successives (où le nombre des éléments croît régulièrement de 2 à 10), de 30 portions rectilignes horizontales du tube, longues de 28$^{cm}$ environ, qui jouent le rôle essentiel dans la production du champ. Ces éléments de courant sont isolés par des bandes de mica mince (0$^{mm}$,07) et de soie bakélisée (0$^{mm}$,05).

Lorsque la bobine est placée dans l'électroaimant, l'entrefer minimum est 10$^{mm}$. On dispose alors, dans la partie centrale, d'un canal horizontal ayant comme section minima un rectangle de 10$^{mm}$ $\times$ 13$^{mm}$. C'est là qu'on pourra engager, outre le tube lui-même servant aux expériences de magnéto-optique, la gaine qui l'entoure et où circule de l'eau pour maintenir sa température constante. Les parties courbes qui réunissent entre elles les diverses parties rectilignes de tube sont écartées du plan vertical de symétrie pour laisser libre l'accès de ce tube central. La bobine est d'ailleurs formée de deux parties symétriques par rapport à un plan normal aux lignes de force, que l'on peut séparer au besoin pour faciliter l'introduction de certains appareils.

Comme les essais préliminaires l'avaient fait prévoir, on peut, en employant de l'eau sous la pression de 10$^{atm}$,5 pour refroidir l'enroulement, y faire passer un courant de 4000 ampères. Le débit, pour l'ensemble des sections de la bobine est, à froid, de 1$^{l}$,9 par seconde.

*Carcasse.* — La bobine doit être construite de façon à résister sans déformations aux actions électromagnétiques qu'elle subit. Il faut distinguer deux cas :

Lorsque la bobine est en dehors de l'électroaimant, les spires tendent à se rapprocher du plan de symétrie normal au champ et les deux paquets de tubes horizontaux (30 tubes au-dessus et 30 au-dessous de l'entrefer) se repoussent, l'effort total étant de l'ordre de 1,5 tonne si le courant est de 4000 ampères.

Lorsque la bobine, parcourue par le même courant, est placée dans le champ de l'électroaimant excité séparément de façon à donner un champ de même sens ([1]), les tubes tendent à s'écarter du plan équatorial et à s'appliquer contre les faces obliques des pôles et les deux paquets de tubes se repoussent avec une force qui atteint environ 18 tonnes. Pour s'opposer à ces actions l'enroulement est serré entre deux plaques en duralumin horizontales, l'une au-dessus, l'autre au-dessous, épaisses de $65^{mm}$, maintenues par quatre entretoises. Pour la même raison, on a pris soin de noyer dans du ciment, armé avec des fils de laiton, les parties courbes des tubes qui réunissent les éléments rectilignes formant les deux paquets. Enfin, les conducteurs eux-mêmes qui amènent le courant dans la bobine, formés de tubes de cuivre plus gros, longs de $5^{m}$ (où circule aussi de l'eau) subissent de la part du champs de fuite de l'électroaimant des actions de plusieurs centaines de kilogrammes : on neutralise ces efforts en mettant partout côte à côte, aussi complètement que possible, les deux conducteurs parcourus par des courants de sens opposés et en les attachant soigneusement l'un à l'autre.

Toute la bobine est fixée sur un chariot en aluminium qui porte les nourrices servant à l'alimentation et à l'évacuation de l'eau chaude.

*Champs obtenus.* — Les champs ont été mesurés en employant un fluxmètre et une bobine dont les spires avaient une forme rectangulaire allongée ($20^{mm} \times 3^{mm}$). Avec cette bobine étroite le champ était mesuré tout près du plan de symétrie horizontal de l'entrefer. Le champ de l'électroaimant seul, pour un entrefer $2e = 12,2$, mesuré avec cette bobine, était alors 44 800 gauss ([2]) pour l'excitation habituelle 400 ampères.

Le tableau suivant indique, pour divers régimes de la bobine supplémentaire, la puissance dépensée dans celle-ci, la température relevée sur l'eau de sortie, puis le champ au centre mesuré : pour la bobine seule en dehors de l'électroaimant, pour la bobine placée dans l'électroaimant et servant seule à l'exciter, enfin pour la bobine placée dans l'électroaimant excité indépendamment comme d'habitude.

---

([1]) Si les connexions étaient faites à rebours, les spires du haut et du bas se rapprocheraient en se déformant : la bobine est construite pour résister à leur écartement.

([2]) Valeur déduite des valeurs 46 200, 43 000, 39 800, obtenues avec cette bobine et des entrefers $2e$ (mesurés le courant passant), égaux respectivement à 10, 15, $20^{mm}$. Ces valeurs sont un peu plus faibles que celles trouvées auparavant en employant une bobine exploratrice plus grande.

| Excitation de la bobine. | | | | | Champs mesurés au centre. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Courant en ampères. | Tension en volts. | Résistance en ohms. | Puissance en kilowatts. | Température en degrés. | Bobine hors de l'électro. | Bobine entre les pôles. | Bobine dans l'électro excité. |
| 0 | 0 | 0,0312 | 0 | 18 | 0 | 0 | 44,800 |
| 1000 | 34 | 0,0340 | 34 | 28 | 4460 | 24650 | 50700 |
| 2000 | 70 | 0,0350 | 140 | 41 | 8920 | 32850 | 55300 |
| 3000 | 112 | 0,0373 | 336 | 65 | 13380 | 39200 | 60200 |
| 3500 | 137 | 0,0388 | 480 | 83 | 15610 | – | 62400 |
| 4000 | 158 | 0,0396 | 632 | 96 | 17840 | – | – |

Les nombres cités dans l'avant-dernière colonne montrent une fois de plus qu'un électro muni seulement d'un enroulement polaire a un fonctionnement peu économique. (L'électroaimant employé seul dépensait 92 kilowatts.)

Les champs qui figurent dans la dernière colonne n'ont été mesurés que jusqu'à 3500 ampères : dans les expériences, on s'est limité en effet à la puissance de 480 kilowatts dans la bobine : les champs seraient accrus en employant 4000 ampères d'un peu plus de 2200 gauss, mais la dépense augmenterait de 152 kilowatts.

Si l'on fait la somme du champ donné par la bobine seule, et du champ 44800 donné par l'électro seul, on trouve toujours un résultat inférieur à celui obtenu avec l'ensemble. La différence, supérieure à 2 pour 100, s'observe encore pour les fortes excitations (pour 3500 ampères on mesure 62400 au lieu de la somme 60410) : elle est due, comme P. Weiss l'avait signalé, à ce que le champ de la bobine supplémentaire améliore l'aimantation du fer.

*Topographie du champ.* — Dans une expérience où l'entrefer était un peu plus grand ($2e = 12^{mm},8$), on a mesuré les champs le long de l'axe horizontal de la cavité centrale de la bobine, à des distances $x$ (cm) croissantes à partir du centre. Voici les valeurs obtenues avec l'électro seul et avec l'électro muni de la bobine supplémentaire :

| $x$(cm). | Électro. | Électro et bobine. | $x$(cm). | Électro. | Électro et bobine. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 .......... | 44400 | 61180 | 16 .......... | 17380 | 28950 |
| 4 .......... | 44200 | 61120 | 20 .......... | 14500 | 18750 |
| 8 .......... | 42900 | 59500 | 24 .......... | 13000 | 13050 |
| 10 .......... | 40250 | 57400 | 28 .......... | 11700 | 11710 |
| 12 .......... | 32600 | 48700 | 30 .......... | 10750 | 11050 |
| 14 .......... | 20500 | 35570 | | | |

On voit que sur une longueur de l'ordre de $15^{cm}$ ($x$ compris entre $+7,5$ et $-7,5$), les champs obtenus avec la bobine supplémentaire varient très peu, et qu'ils décroissent ensuite moins rapidement en valeur relative que lorsque la bobine n'est pas en place. Pour cette raison, cette bobine a pu être utilisée avec profit dans des recherches sur la biréfringence magnétique de certains corps liquides ou gazeux dont les résultats seront publiés prochainement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de l'éthylène et de ses homologues par cracking de l'heptane en présence de vapeur d'eau.* Note (¹) de MM. **C. Matignon** et **M. Séon**.

L'éthylène est aujourd'hui une matière première industrielle dont l'intérêt va sans cesse croissant (synthèse de l'alcool, du glycol et de ses dérivés, des dissolvants chlorés, etc.).

Nous étudions l'action de la vapeur d'eau sur l'heptane et sur d'autres carbures plus complexes, comme les huiles minérales de nature aliphatique, en vue de réaliser éventuellement, à partir de ces composés, une méthode de préparation de l'éthylène.

Cette étude commence par le cracking à haute température d'un carbure défini, l'heptane (Eb = 96-97°) retiré du pétrole.

Afin de montrer le rôle efficace de la vapeur d'eau, nous avons également cracké l'heptane en l'absence de cette dernière.

L'appareil de cracking employé est formé d'un tube en quartz d'une longueur de $700^{mm}$ et d'un diamètre intérieur de $22^{mm}$, ce qui correspond à une surface de chauffe de $483^{cm^2}$, le tube est chauffé dans un four électrique. L'écoulement de l'heptane se fait par un tube capillaire, son débit constant est assuré par un flacon de Mariotte. La vapeur d'eau arrive d'un autoclave dont on peut à volonté régler la pression.

Pour toutes les expériences qui suivent on fait passer $50^{cm^3}$ d'heptane, soit $35^g,3$. A la sortie les gaz de la réaction sont refroidis successivement par passage dans plusieurs réfrigérants, et emmagasinés dans un gazomètre à mercure de Sarrau et Vieille, ou dans un gazomètre à eau de Regnault.

Les expériences ont été conduites de 600 à 1000°. Pour l'analyse des gaz

(¹) Séance du 30 avril 1934.

nous avons employé l'appareil de Hempel-Drehschmidt ([1]). Les gaz sont d'abord fractionnés en deux groupes par liquéfaction dans l'air liquide. Les homologues de l'éthylène sont absorbés par l'acide sulfurique à 63° Bé, l'éthylène par l'acide sulfurique à 66° Bé activé par du sulfate d'uranyle ([2]), le reste du groupe des gaz liquéfiés constitue les carbures acycliques; l'oxyde de carbone est absorbé par la solution cupro-chlorhydrique, enfin l'hydrogène et le méthane sont déterminés simultanément par combustion.

*Cracking de l'heptane sans vapeur d'eau.*

| Température. | Débit d'heptane par minute. | $C^2H^4$ pour 100g de $C^7H^{16}$. | $C^nH^{2n}$ total pour 100g de $C^7H^{16}$. | Gaz recueillis. | Composition du gaz obtenu. $C^nH^{2n}$ total. | $C^2H^4$. | $H^2$ et $C^nH^{2n+2}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ° | g | g | g | lit | vol | vol | vol |
| 600......... | 1 | 4,6 | 9,3 | 5,4 | 51,8 | 24,0 | 48,2 |
| 700......... | » | 13,1 | 38,3 | 15,4 | 50,4 | 24,0 | 49,6 |
| 800......... | » | 18,4 | 29,7 | 20,7 | 34,0 | 25,2 | 66,0 |
| 900......... | » | 8,8 | 10,2 | 27,9 | 9,8 | 9,0 | 90,2 |

*Cracking de l'heptane en présence de vapeur d'eau.*

| Température. | Débit d'eau par minute. | Débit d'heptane par minute. | $C^2H^4$ pour 100g de $C^7H^{16}$. | $C^nH^{2n}$ total pour 100g de $C^7H^{16}$. | Durée de chauffe. | Gaz recueillis. | Composition du gaz obtenu. $C^2H^4$. | $C^nH^{2n}$ total. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ° | g | g | g | g | s | lit | vol | vol |
| 700.... | 5,2 | 1 | 3,2 | 6,8 | 2,4/10 | 3,6 | 25,2 | 41,5 |
| 800.... | » | » | 27,3 | 54,9 | 2,2/10 | 20,8 | 37,1 | 58,6 |
| 900.... | » | » | 44,4 | 62,9 | 2,2/10 | 31,5 | 39,9 | 49,4 |
| 935.... | » | » | 47,4 | 61,8 | 2,1/10 | 34,8 | 38,5 | 45,2 |
| 950.... | » | » | 42,8 | 57,7 | 2,1/10 | 35,0 | 34,6 | 41,5 |
| 1000.... | » | » | 38,3 | 46,8 | 2,1/10 | 39,5 | 27,4 | 30,9 |
| 700.... | 2,7 | 1 | 7,4 | 15,9 | 4,4/10 | 7,3 | 28,9 | 47,8 |
| 750.... | » | » | 17,3 | 37,0 | 4,2/10 | 14,9 | 32,8 | 54,2 |
| 800.... | » | » | 32,8 | 65,2 | 3,9/10 | 26,2 | 35,4 | 55,4 |
| 850.... | » | » | 38,0 | 61,3 | 3,7/10 | 30,3 | 35,5 | 47,9 |
| 900.... | » | » | 42,1 | 56,7 | 3,7/10 | 32,7 | 36,4 | 43,6 |
| 950.... | » | » | 38,4 | 45,1 | 3,7/10 | 33,1 | 32,8 | 36,1 |

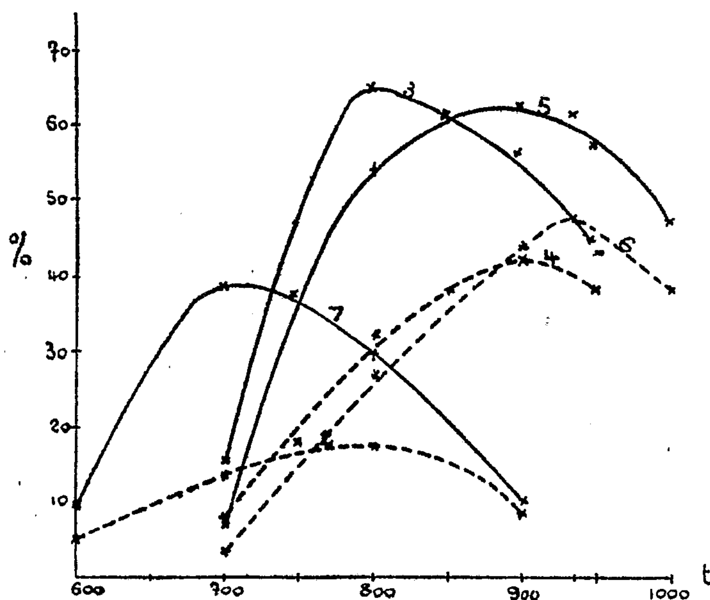
(Pour calculer le pourcentage en poids des oléfines totales, on admet

([1]) *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, **21**, 1888, p. 3242.
([2]) Lebeau et Damiens, *Ann. de Chimie*, 9e série, **8**, 1917, p. 221.

pour celles qui sont absorbées dans l'acide sulfurique à 63° B. le poids moléculaire 49, c'est-à-dire la moyenne des poids moléculaires des propylène et butylène).

Les résultats obtenus sont résumés sur les courbes ci-dessous : en abscisse on porte les températures, et en ordonnée les pourcentages en poids d'oléfines totales (traits pleins) et d'éthylène (traits pointillés), obtenus à partir de $100^g$ d'heptane.

*a*. Quand on cracke l'heptane sans vapeur d'eau, on obtient un rende-



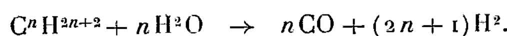

ment maximum en oléfines vers 700°, mais ce sont les homologues de l'éthylène qui dominent; le pourcentage d'oléfines obtenues n'excède jamais 39 pour 100 du poids de l'heptane (courbes 1 et 2).

*b*. Quand le cracking est fait en présence de vapeur d'eau, suivant le rapport $H^2O/C^7H^{16} = 2^g,7/1^g$, le rendement maximum en oléfines a lieu vers 800°, et atteint 65 pour 100 du poids de l'heptane, dont la moitié représente du gaz éthylène; mais si l'on désire voir croître la proportion d'éthylène, il faut élever la température à 900°, on obtient alors un gaz contenant 57 pour 100 d'oléfines, constituées en majeure partie (74 pour 100) par de l'éthylène (courbes 3 et 4).

*c*. Quand le craking est fait en présence d'une plus grande quantité d'eau $H^2O/C^7H^{16} = 5^g,2/1^g$ le rendement en éthylène est encore augmenté :

c'est ainsi qu'à la température de 935°, la proportion d'éthylène atteint 76 pour 100 des oléfines totales, qui représentent elles-mêmes 62 pour 100 du poids de l'heptane (courbes 5 et 6).

Il était également important de vérifier si les gaz accompagnant les oléfines ne renfermaient pas de l'oxyde de carbone, dont la formation eût manifesté la superposition de la réaction suivante à celle de cracking,



$$C^nH^{2n+2} + nH^2O \rightarrow nCO + (2n+1)H^2.$$

Mais l'analyse faite sur les gaz d'une expérience pratiquée à 900° montre que l'eau n'entre pratiquement pas en réaction :

| | $C^2H^4$. | $C^nH^{2n}$ total. | $C^nH^{2n+2}$. | CO. | $H^2$. | $CH^4$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Analyse du gaz obtenu........ | 31cm³ | 39,1 | 2,6 | 1,0 | 18,6 | 37,6 |
| Pour 100g de $C^7H^{16}$........... | 39g,7 | 57,9 | 5,2 | 1,3 | 1,3 | 27,7 |

Il résulte de l'ensemble de ces essais qu'il est possible d'obtenir des carbures éthyléniques riches en éthylène par cracking à température convenablement choisie (900°) de l'heptane en présence de vapeur d'eau. En l'absence de la vapeur d'eau, le cracking à la température optima de 700° donne surtout les homologues de l'éthylène, avec une destruction partielle, mais profonde des carbures; par contre, en présence de vapeur d'eau, l'éthylène domine, sans que l'on ait à craindre aucune perte de carbure sous forme de charbon. En outre, la composition est telle que la proportion d'éthylène dans les gaz est tout à fait convenable pour la transformation en alcool.

Quant à la vapeur d'eau qui ne semble pas entrer en réaction, puisque les gaz ne contiennent qu'une infime proportion d'oxyde de carbone, son rôle paraît se limiter à celui de stabilisant des oléfines.

ENTOMOLOGIE. — *Nouvelles considérations sur les Saturnites africains.* Note de M. **E.-L. Bouvier.**

Des trois familles, Syssphingides, Hémileucides et Saturnides, qui constituent le vaste ensemble des Hétérocères saturnioïdes, la première est exclusivement américaine, la deuxième aussi sauf *Aglia tau*, tandis que la troisième est répandue dans toutes les parties du monde. Cette dernière comprend deux sous-familles, les Ludiinés qui sont purement africains et les Saturniinés qui se divisent eux-mêmes en deux sections : les *Saturnites* où

la cellule des ailes est close par une nervure transverse et les *Attacites* où cette nervure n'existe pas, la cellule restant ainsi ouverte.

Les Saturnites sont largement répandus en Afrique où ils ne comptent pas moins de 186 espèces et, avec les Ludiinés d'ailleurs beaucoup moins riches (39 espèces), donnent à la faune entomologique de cette partie du monde un caractère des plus frappants. Les Ludiinés sont actuellement bien connus grâce à une étude magistrale publiée en 1922 par Karl Jordan, mais les Saturnites le sont beaucoup moins, surtout ceux d'Afrique, malgré les observations fondamentales que leur consacra le regretté Ch. Aurivillius en 1905. En 1927, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences* (t. LIX, n° 4) et en 1928 dans un volume de la Bibliothèque coloniale (*Saturnioïdes de l'Afrique tropicale française*), j'ai largement étendu les observations du savant suédois; ayant achevé aujourd'hui l'étude anatomique et systématique des Saturnites africains, il ne sera pas inutile de faire connaître les perfectionnements que des recherches plus profondes apportent aux vues que j'avais émises sur ces Papillons.

En premier lieu, il convient de maintenir chez les Saturnites africains la tribu des *Micragoniicæ* qui se réduit au seul genre *Micragone* bien caractérisé par la carène thoracique médio-dorsale qu'avait signalée Aurivillius, mais aussi par un aspect tout spécial et par une structure qui rappelle les Ludiinés du type *Goodia*, à savoir le grand développement du 8e tergite abdominal des mâles qui s'avance en toit au-dessus des autres pièces de l'armature sexuelle. La tribu est représentée par 15 espèces.

De la tribu des Pseudaphédiicæ, il faut distraire le genre *Decachorda* qui était peu connu en 1927-1928 et dont le Hill Museum me communiqua depuis des espèces assez nombreuses. Ces Papillons rappellent les Micragones par la saillie complexe ou puissante que forme au-dessus des pièces sexuelles le 8e tergite abdominal. Au surplus, ils diffèrent de tous les autres Saturnites par leur petite taille et leur apparence de Noctuelles. Comme les Micragones, ils méritent de former une tribu à part, celle des *Decachordiicæ*, qui compte 7 espèces.

La tribu des *Pseudapheliicæ* se trouve ainsi réduite, mais compte néanmoins 9 genres, les uns *anoures*, c'est-à-dire sans prolongement caudiforme aux ailes postérieures (*Pselaphelia*, *Pseudaphelia*, *Eosia*, *Parusta*, *Tagoropsis* et *Pseudantheræa*), parfois *macroures* (Eustera), les autres *aberrants* en ce sens que les tibias des pattes des deux paires antérieures sont courts et distalement armés d'épines (*Usta*, *Urota*). Dans cette tribu, l'armature sexuelle du ♂ tend à prendre la structure qu'on lui verra dans la suite,

sauf toutefois chez *Pselaphelia* où le 10e tergite abdominal (uncus), au lieu d'être plus ou moins triangulaire, se dilate en un toit largement tronqué dont chaque angle se termine en pointe. C'est une disposition qu'on ne rencontre nulle part ailleurs chez les Saturnites, à l'exception toutefois des *Eustera* où la pointe en crochet devient droite et styliforme. Ce trait bien typique justifie la place que j'avais donnée dans la tribu aux *Eustera*. A cause de leur queue démesurément longue et grêle, ces macroures avaient dérouté les chercheurs, même Aurivillius qui les plaçait à côté des Actiens. En fait, ce sont des *Pselaphelia* qui ont évolué avec exagération dans le sens macroure. Ainsi comprise, la tribu renferme 36 espèces.

Tous les autres Saturnites africains, au nombre de 128 espèces, rentrent dans la tribu des *Bunæicæ* que caractérisent les antennes quadripectinées (elles sont bipectinées dans la tribu précédente), les ocelles dont les anneaux sont tous complets, les chenilles épineuses qui rendent si remarquable la faune africaine et les pupes qui sont souterraines, dépourvues de cocon. Ces traits les distinguent des Saturnites indo-malais, européens et américains qui ont aussi des antennes quadripectinées, mais dont les ocelles présentent d'ordinaire un anneau incomplet (en croissant), dont les chenilles sont inermes et les pupes aériennes logées dans un cocon; vaste groupe qui constitue la tribu des *Saturniicæ*. Le passage s'effectue par les *Antherina* malgaches dont les chenilles ont encore des épines et les pupes déjà un cocon.

Au point de vue de l'armature sexuelle du ♂, les Bunéicés présentent plusieurs traits importants : à la base du pénis, presque toujours, une paire de lames ou d'épines sternales, au 10e segment abdominal un sternite très largement séparé du pénis et du 10e tergite. Ce dernier comprend toujours deux parties : une dorsale généralement prolongée en un rostre infléchi à la pointe et une ventrale sous-jacente. La partie ventrale se dilate latéralement en deux lobes plus ou moins volumineux, mais dans *Pseudobunæa* et *Cinabra*, est au contraire aplatie sur les flancs pour donner une carène en soc (*Pseudobunæa*) ou un sabre (*Cinabra*). Cette structure justifie amplement la validité du genre *Pseudobunæa* (que l'on inclut à tort dans les *Lobobunæa* si différents à beaucoup d'égards) et le rapprochement des *Cinabra* tout à côté des *Pseudobunæa*.

J'avais également proposé de distraire des *Bunæa*, sous le nom de *Bunæopsis*, les Bunéicés à rayures simples qui présentent aux quatre ailes, un ocelle bien développé. Ici encore, la connaissance de l'armature sexuelle du ♂ apporte une justification frappante : les *Bunæopsis*, en effet, se dis-

tinguent de tous les autres Bunéicés par la région dorsale de leur 10ᵉ sergite qui s'élève en deux cornes au lieu de se prolonger en un rostre médian. Au surplus, j'ai dû distraire des *Bunæopsis*, sous le nom de *Parabunæopsis*, un certain nombre de formes que je n'avais pas suffisamment étudiées et qui se distinguent par leur armature sexuelle normale, leur rayure interne coudée ou interrompue sur le cubitus et leur épiphyse tibiale qui est bien développée dans les deux sexes, alors qu'elle fait défaut chez la ♀ des *Bunæopsis*. Ce nouveau genre offre un vif intérêt en ce qu'il sert de lien entre les divers Bunéicés.

J'ajoute, pour terminer, qu'en dehors des Mélanocériens, remarquables par leurs antennes quadripectinées dans les deux sexes (et non pas seulement chez le ♂), il convient de diviser les Bunéicés en deux groupes, les inermes et les armés, suivant que leurs tibias antérieurs sont dépourvus ou munis d'épines terminales. Ce caractère m'a paru dominer manifestement la nervulation (radiale antérieure pédonculée ou issue de la cellule) que j'avais employée jusqu'alors.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide sulfurique à froid et à température peu élevée sur les acides et les éthers aromatiques*. Note de M. **Jean-Baptiste Senderens**.

I. Un travail fait en commun avec M. Aboulenc [1] a montré qu'à des températures élevées (160-200°) les *acides aromatiques* additionnés de 4 à 8 parties d'acide sulfurique concentré donnent, les uns (acide benzoïque, toluique) des acides sulfonés, les autres (acide phénylacétique, phénylpropionique) des produits de destruction.

Comme suite à ce travail j'ai étudié l'action de l'acide sulfurique sur les *éthers aromatiques* et j'ai constaté qu'à 160° et 200° les résultats étaient assez confus.

En opérant, au contraire, soit à *froid* (température du laboratoire, en moyenne 16°), soit à température peu élevée (environ 80°), les réactions étaient nettes, mais elles variaient avec les acides aryliques employés, ce qui m'a conduit à examiner tout d'abord l'action de $SO^4H^2$ sur ces acides, à froid et vers 80°.

Dans toutes les expériences, $5^g$ d'acide aromatique étaient mêlés, dans

(1) J.-B. Senderens et J. Aboulenc, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1497.

un tube d'essai, avec $20^{cm^3}$ *d'acide sulfurique bouilli, pur Poulenc, de densité* 1,84. Les acides sulfuriques industriels ne conviennent pas, non plus que l'acide pur, qui par un long contact avec l'air en aurait absorbé l'humidité.

II. *Acide benzoïque* $C^6H^5CO^2H$. *Acide o-toluique* $C^6H^4\langle{}^{CH^3}_{CO^2H}$. *Acide o-phtalique* $C^6H^4\langle{}^{CO^2H}_{CO^2H}$. — Dans les proportions indiquées plus haut, ces acides, moyennant quelques secousses, se dissolvent lentement à froid dans l'acide sulfurique. A 80° la dissolution est rapide.

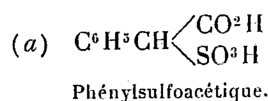
Ces dissolutions se maintiennent indéfiniment, et, quel que soit le temps écoulé depuis leur préparation, elles laissent déposer, par addition d'eau, les acides aromatiques, ce qui montre qu'à 80° comme à froid, ces acides ne subissent pas la transformation en acides sulfoaromatiques qui se produit à 160° et 200°.

III. *Acide phénylacétique* $C^6H^5.CH^2.CO^2H$. — Il se dissout plus facilement à froid dans l'acide sulfurique que son isomère l'acide toluique, et la solution abandonne d'abord, par addition d'eau, l'acide aromatique. Mais peu à peu cette solution donne avec l'eau des précipités de plus en plus faibles et, au bout de quelques jours, elle est complètement soluble dans l'eau.

A 80°, l'acide sulfurique dissout rapidement l'acide phénylacétique et le liquide maintenu quelques minutes à cette température et ensuite refroidi, est soluble dans l'eau.

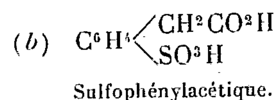
Il s'est donc formé, lentement à froid et rapidement à 80°, une combinaison phénylacétique sulfoné, tandis qu'aux températures élevées (160-200°) on n'observe que des produits de production (Senderens et Aboulenc, *loc. cit.*).

La formule brute $C^7H^6.SO^3H.CO^2H$ de ce composé peut se représenter par les formules ($a$) et ($b$) :



($a$) $C^6H^5CH\langle{}^{CO^2H}_{SO^3H}$

Phénylsulfoacétique.



($b$) $C^6H^4\langle{}^{CH^2CO^2H}_{SO^3H}$

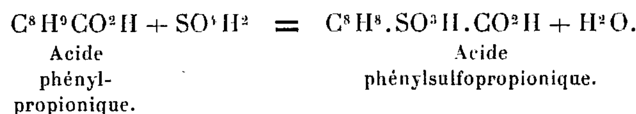
Sulfophénylacétique.

La première ($a$) semblerait préférable, étant donné qu'à froid et à 80° le noyau benzénique ne se prête pas à la substitution de $SO^3H$ dans les acides benzoïque et toluique.

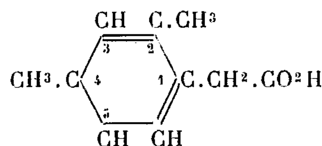
IV. *Acide phénylpropionique* $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO^2H$. — Dissous rapidement à froid dans l'acide sulfurique, l'eau le précipite tout d'abord de cette

solution, laquelle, au bout de quelques heures, ne précipite plus par l'eau et s'y dissout complètement. A 80°, la solubilité dans l'eau du mélange sulfurique phénylpropionique s'obtient en quelques instants.

Ainsi, à froid un peu moins vite qu'à chaud, l'acide phénylpropionique forme, avec l'acide sulfurique, un composé soluble dans l'eau, qui correspondrait à l'équation




V. *Acide diméthyl-2.4-phénylacétique-1*

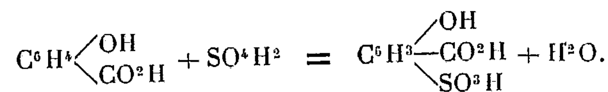



— Cet acide, que je dois à l'obligeance de M. Delépine, est très peu soluble dans l'eau pure et dans l'acide sulfurique additionné de 6[vol] d'eau. Il se dissout, au contraire, facilement à froid dans les proportions indiquées de l'acide sulfurique pur Poulenc. Traitée aussitôt par 6[vol] d'eau, cette dissolution ne donne pas de précipité, l'acide diméthylphénylacétique s'étant sulfoné en même temps que dissous. Il s'ensuit que l'introduction de deux groupes $CH^3$ dans le noyau de l'acide phénylacétique $C^6H^5.CH^2.CO^2H$ augmenterait son aptitude à la sulfonation plus encore que l'introduction de $CH^2$ dans la branche forménique, d'où résulte l'acide phénylpropionique.

VI. *Acide salicylique* (*o*-oxybenzoïque) $C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}OH \quad (1)\\ CO^2H \ (2)\end{array}\right.$. — Il diffère de l'acide benzoïque par l'introduction de OH dans le noyau qui de ce fait devient apte à la sulfonation à froid et à 80°, alors que cette aptitude ne lui était pas communiquée par le groupe $CH^3$ dans l'acide toluique $C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}CH^3\\ CO^2H\end{array}\right.$.

L'acide salicylique se comporte vis-à-vis de l'acide sulfurique comme les acides phénylacétique et phénylpropionique, c'est-à-dire que sa dissolution à froid dans $SO^4H^2$, précipitant par l'eau au début, donne dans la suite des précipités de plus en plus faibles avec l'eau dans laquelle, après quelques jours, elle se dissout complètement.

A 80° la dissolution de l'acide salicylique dans $SO^4H^2$ est rapide, et refroidie se dissout dans l'eau, de sorte que l'on a



$$C^6H^4\begin{cases}OH\\CO^2H\end{cases} + SO^4H^2 = C^6H^3\begin{cases}OH\\CO^2H\\SO^3H\end{cases} + H^2O.$$

Cet acide sulfosalicylique avait été déjà obtenu par Remsen en chauffant un mélange d'acide salicylique et d'acide sulfurique (*Liebigs. Ann.*, 179, 1875, p. 107).

VII. En résumé, les acides aromatiques dans lesquels le carboxyle est uni directement au noyau (acides benzoïque, toluïque, phtalique) se sont dissous simplement, soit à froid, soit à 80°, dans l'acide sulfurique, d'où l'eau les a précipités. La sulfonation de ces acides ne se fait qu'à des températures élevées (Senderens et Aboulenc, *loc. cit.*).

Les acides aromatiques dont le carboxyle est séparé du noyau (acides phénylacétique, phénylpropionique, diméthylphénylacétique) donnent, avec $SO^4H^2$ à 80° et aussi à froid, un dérivé sulfoné. Il en est de même de l'acide salicylique qui doit à la présence de OH la propriété de se sulfoner.

Cette différence d'action de l'acide sulfurique sur les acides aromatiques se retrouve dans leurs éthers avec des particularités propres à chacun d'eux, ainsi que nous l'exposerons dans une prochaine Communication.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de greffes répétées effectuées sur des descendants de l'Absinthe greffée sur* Chrysanthemum frutescens. Note (1) de M. **Lucien Daniel.**

Dans une précédente Note (2), j'ai étudié les caractères particuliers d'une Absinthe arborescente, pourvue d'une tige ligneuse ramifiée en deux grosses branches, présentant à la fois des caractères transmis par l'hypobiote *Chrysanthemum frutescens* et d'autres caractères spécifiques nouveaux résultant soit du changement du métabolisme, soit du jeu des corrélations mises en mouvement lors de la lutte pour la vie s'exerçant entre les symbiotes ayant fourni les graines.

En 1932, au moment où ladite Absinthe émettait de nouvelles tiges, j'ai choisi cinq de celles-ci et je les ai greffées sur de jeunes boutures de

(1) Séance du 30 avril 1934.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1995.

*Chysanthemum frutescens*. J'ai ensuite, à la fin de l'automne, recueilli sur les pieds greffés un premier lot de graines et un second lot sur le pied non greffé. J'ai semé comparativement les graines de ces deux lots, puis j'ai choisi 210 exemplaires des plus vigoureuses jeunes plantules de chaque lot

Fig. 1. — Absinthe de semis provenant de rameaux du pied de 1931 greffés en 1932 sur jeunes boutures de *Chrysanthemum frutescens*.
Fig. 2. — Absinthe de semis issue du même pied de 1931 non greffé ayant fourni les greffons ou épibiotes.

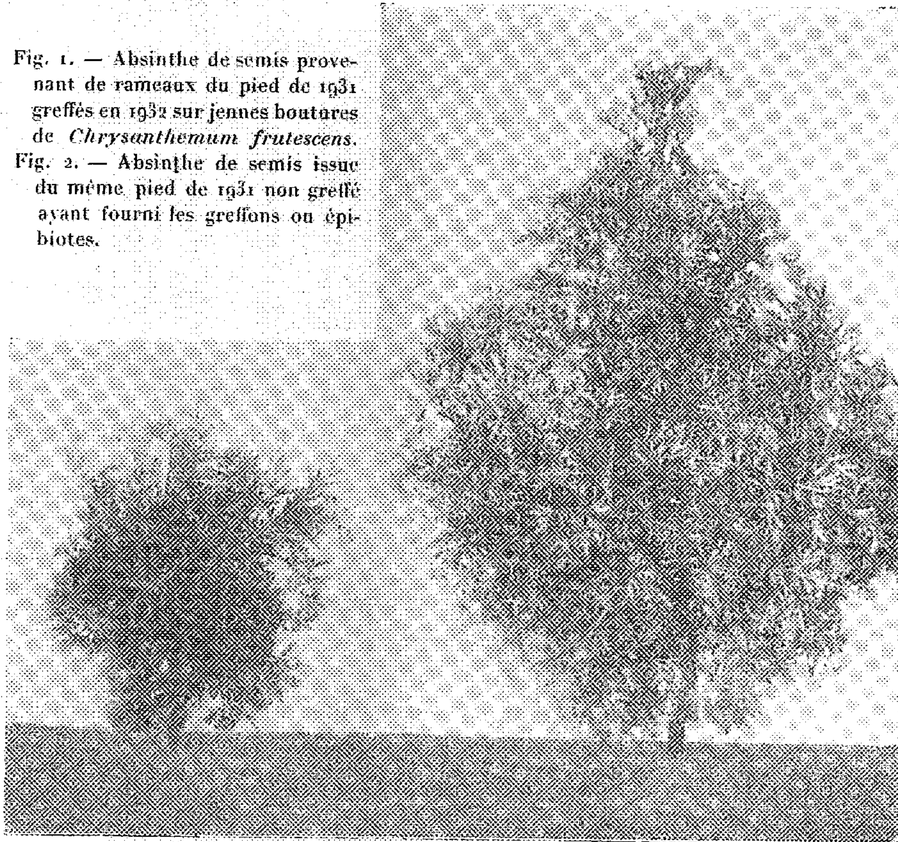


Fig. 1. Fig. 2.

que j'ai plantées comparativement dans un terrain ayant reçu les mêmes soins culturaux.

Les exemplaires provenant des graines des rameaux greffés sur *Chrysanthemum frutescens* sont tous restés notablement plus petits (*fig.* 1) que ceux issus du pied non greffé (*fig.* 2). C'était frappant dès l'automne comme au 15 avril, époque où les photographies ci-dessus ont été prises à la même échelle.

Cette expérience montre nettement, comme je l'ai déjà indiqué dans de précédents travaux, que l'amélioration par le greffage, désignée par Ch. Baltet (¹) sous le nom de greffage créateur (*Théorie Daniel*), n'est pas indéfinie et que l'on doit cesser de greffer une fois le résultat cherché obtenu, si l'on ne veut pas s'exposer à démolir la combinaison ainsi établie. Cette destruction est beaucoup plus rapide quand l'on opère sur des hybrides sexuels ou des variétés agricoles qui, par leur origine même, sont mal fixées et en état de variation potentielle. C'est ainsi que, par des greffages inconsidérés trop longtemps répétés, des hybrides de vigne, qui à leurs débuts avaient suscité de légitimes espérances, ont fini par être abandonnés. Leurs caractères utilitaires, au lieu de s'accentuer ou de se consolider définitivement, se sont atténués ou ont disparu à la longue.

## NOMINATIONS.

M. G. Urbain est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du *Cinquantenaire de l'École de Chimie* à Lyon, le 12 mai 1934.

M. J. Drach est désigné pour représenter l'Académie au Congrès des Mathématiciens des pays slaves, qui aura lieu à Prague du 23 au 28 septembre 1934.

M. le Ministre de l'Éducation nationale invite l'Académie à désigner un de ses membres qui occupera dans le Conseil de *l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions* la place vacante par le décès de M. *P. Painlevé*.

M. Émile Jouguet est désigné.

## CORRESPONDANCE.

M. Constantin Levaditi prie à nouveau l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *E. Roux*.

(¹) Ch. Baltet, *L'art de greffer*, 1902, p. 519.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Complément à l'étude des espaces* V *et* W. Note de M. **Paul Lévy**.

La présente Note a pour objet de préciser et rectifier sur un point nos Notes antérieures des 26 février et 26 mars 1934 : il peut arriver que la somme des discontinuités mobiles de la fonction aléatoire $x(t)$, sans être convergente, puisse être rendue convergente par l'addition de termes indépendants du hasard (comme il s'agit de variables aléatoires, il est bien entendu que nous disons qu'une série ou une intégrale converge si la probabilité de convergence est l'unité). La somme $X(t)$ ainsi obtenue dépend d'une loi définie par une formule de la forme

$$(1) \qquad \log \mathcal{E}\{e^{izX(t)}\} = \int_{-\infty}^{+\infty} [e^{izu} - 1 - iz\,\omega(u, t)]\, d_u N(u, t).$$

On peut supposer $X(0) = N(u, 0) = 0$. Les conditions que doit vérifier $N(u, t)$ pour que $X(t)$ dépende d'une loi bien définie pour $0 < t \leqq T$ et variant d'une manière continue avec $t$, sont que : chaque élément $d_t d_u N(u, t)$ est positif ou nul ; $N(u, t)$ est une fonction continue de $t$ ; les intégrales

$$\int u^2\, d_u N(u, t), \qquad \int d_u N(u, T)$$

convergent, la première dans tout intervalle fini, la seconde à l'infini (mais pas nécessairement à l'origine). On peut alors toujours assurer la convergence de l'intégrale (1) en prenant $\omega(u, t) = u/(1 + u^2)$ ; d'autres expressions pourront être préférables ; elles ne devront bien entendu introduire aucune discontinuité.

Ainsi la loi stable que j'ai appelée $L_{\alpha,-1}$ est définie, si $1 < \alpha < 2$, par

$$\log \mathcal{E}\{e^{izx}\} = \frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi\alpha}{2} \int_0^\infty (e^{izu} - 1 - izu) \frac{du}{u^{\alpha+1}},$$

c'est-à-dire qu'il faut prendre $\omega(u) = u$, tandis que pour $0 < \alpha < 1$, il faut prendre $\omega(u) = 0$, c'est-à-dire supprimer le troisième terme de l'expression précédente. Le fait évident que, pour chaque signe de la variable réelle $z$, le second membre soit proportionnel à $|z|^\alpha$ donne sans doute la démonstration la plus simple de l'existence des lois stables $L_{\alpha,-1}$, et par suite de toutes les lois $L_{\alpha,\beta}$ autres que la loi de Gauss (la loi $L_1$ s'obtient en faisant $\alpha = 1$ et ne conservant que la partie réelle de l'expres-

sion précédente). Il suffit naturellement de multiplier le second membre par $t$, ou $at$, pour obtenir une expression du type (1) correspondant à un espace W.

La définition des espaces V les plus généraux s'obtient alors en considérant $x(t)$ comme somme de quatre termes :

1° une fonction indépendante du hasard, absolument quelconque;

2° la somme des discontinuités fixes correspondant à des valeurs fixes de $t$, ces valeurs constituant une infinité dénombrable au plus; ce sont des variables aléatoires indépendantes, les lois dont elles dépendent étant assujetties seulement à vérifier la condition de convergence bien connue de MM. Khintchine et Kolmogoroff;

3° un terme dépendant de la loi de Gauss, sa valeur quadratique moyenne étant une fonction continue et non décroissante de $t$;

4° le terme $X(t)$ défini ci-dessus.

Ces quatres termes sont indépendants; il importe toutefois de noter, en ce qui concerne le second et le quatrième, qu'on peut leur ajouter des parties indépendantes du hasard que l'on retranchera du premier terme, de manière à ne pas changer la somme.

Précisons enfin que la première condition imposée à $x(t)$ dans la définition des espaces V donnée dans notre Note du 26 février (être presque partout continue, avec une probabilité unité) peut être suprimée. Si la loi $\mathcal{L}(t)$ est bien définie de o à T, et si les accroissements $\Delta x$ correspondant à des intervalles $\Delta t$ extérieurs les uns aux autres sont des variables aléatoires indépendantes, cela suffit pour exclure toute autre solution que celle définie ci-dessus.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines courbes gauches qui généralisent les coniques.* Note (¹) de M. **E. O. Lovett**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans l'espace ordinaire, les types les plus simples de lignes à double courbure qui généralisent les coniques planes sont les coniques sphériques et les cubiques gauches. L'objet de la présente Note est de suggérer certaines extensions de chacun de ces types.

I. *Coniques sphériques.* — Il s'agit des courbes planes [2] et sphériques

---

(1) Séance du 30 avril 1934.

(2) Cf. Jonesco, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2006; Lovett, *ibid.*, 197, 1933, p. 544.

définies respectivement par les équations

$$\frac{dr}{d\psi} + r\cot\psi = \frac{r^2}{\sin\psi}\Psi(r, \psi), \qquad \frac{d\rho}{d\varphi} + \rho\cot\varphi = \frac{\rho^2}{\sin\varphi}\Phi(\rho, \varphi),$$

où $\Psi^{-1} = \overline{OQ}$, $\rho = \tan\theta$, $\Phi^{-1} = \operatorname{tang}\overline{OQ}$, le point O étant l'origine des coordonnées $r$, $\psi$ dans le plan ($\theta$, $\varphi$ sur la sphère), et Q le point où la tangente (le grand cercle tangent) à la courbe plane (sphérique) rencontre l'axe polaire respectif. Évidemment, chaque solution quelconque de l'une des équations donne immédiatement une solution de l'autre.

En désignant par P, Q, R des fonctions arbitraires de $\varphi$, la deuxième équation s'intègre par quadratures sous les conditions suivantes :

$$\Phi = P\rho^{-1} + Q\rho^{n-2}, \qquad \Phi = P + Q\rho^{-1} + R\rho^{-2},$$

dont le cas particulier, $A\Phi + B\rho^{-1} + C = 0$, renferme les relations

$$\Phi\sin 2c + \rho^{-1}\sin 2a - \cos 2c - \cos 2a = 0,$$
$$\operatorname{tang}\overline{CQ}\operatorname{tang}(\theta - a) - \operatorname{tang} c \operatorname{tang} a = 0,$$

qui, en vertu d'un théorème de Magnus [1], caractérisent la conique sphérique ayant un foyer en O, son grand axe sur l'axe polaire, un centre en C, la distance focale égale à $2c$ et le grand axe à $2a$. On retrouve cette conique sphérique dans la solution simple

$$\rho^{-1} = \left(\alpha - \delta \log\operatorname{tang}\frac{1}{2}\varphi\right)\sin\varphi + \beta\cos\varphi + \gamma, \qquad \Phi = \delta\sin\varphi + \gamma\cos\varphi + \beta,$$

en donnant aux constantes arbitraires $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$ les valeurs particulières

$$\alpha = 0, \qquad \beta = \frac{\sin 2c}{\cos 2a - \cos 2c}, \qquad \gamma = \frac{\sin 2a}{\cos 2c - \cos 2a}, \qquad \delta = 0.$$

II. *Cubiques gauches.* — On sait que la tangente à la courbe

$$x = \varphi(t), \qquad y = \psi(t), \qquad z = \omega(t)$$

coupe le plan des $xy$ suivant la courbe

$$X = \varphi - \frac{\varphi'}{\omega'}\omega = \xi(t), \qquad Y = \psi - \frac{\psi'}{\omega'}\omega = \eta(t);$$

---

(1) *Annales de Gergonne*, 16, 1825, p. 33. Le grand cercle tangent à un point de l'ellipse sphérique fait des angles égaux avec les deux grands cercles qui passent par ce point et par les foyers.

donc en intégrant les équations

$$\varphi' - \frac{\omega'}{\omega}(\varphi - \xi) = 0, \qquad \psi' - \frac{\omega'}{\omega}(\psi - \eta) = 0,$$

on trouve que le plan des $xy$ est coupé suivant la courbe

$$X = \xi(t), \qquad Y = \eta(t)$$

par la tangente à la courbe

$$x = \omega\left(\lambda - \int \frac{\omega'}{\omega^2}\xi\, dt\right) = \xi + \omega\left(\lambda - \int \frac{\xi'}{\omega}\, dt\right),$$
$$y = \omega\left(\mu - \int \frac{\omega'}{\omega^2}\eta\, dt\right) = \eta + \omega\left(\mu - \int \frac{\eta'}{\omega}\, dt\right), \qquad z = \omega,$$

$\omega(t)$ étant une fonction arbitraire, et $\lambda$, $\mu$ des constantes quelconques.

Si les fonctions arbitraires $\xi$, $\eta$, $\omega$ sont égales à $\xi_1 t$, $\eta_1 t^2$, $\omega_1 t^3$ respectivement et les fonctions $\xi_1$, $\eta_1$, $\omega_1$ restent finies pour $t = 0$, le plan des $xy$ devient le plan osculateur de la courbe à l'origine des coordonnées, ce qui conduit à une généralisation double, à la fois par rapport à la courbe et la section, d'un théorème de Möbius [1].

Par exemple, quant aux courbes représentées par les équations

$$x = \frac{\alpha t^2}{D}, \qquad y = \frac{\beta t^m}{D}, \qquad z = \frac{V t^n}{D}, \qquad D = a + bt + ct^2,$$
$$\xi = \frac{\alpha(n-l)t^2}{\Delta}, \qquad \eta = \frac{\beta(n-m)t^m}{\Delta}, \qquad \Delta = na + (n-1)bt + (n-2)ct^2,$$

on observe que pour $l = 1, 2$, $m = 2, 1$ et $n = 3$, la courbe est une cubique gauche; pour $l = 1, 2$, $m = 2, 1$ et $n \geqq 3$, la section du plan des $xy$ par les tangentes est une conique; et pour $l \geqq 1$, $m \geqq 2$ et $n \geqq 3$, le plan des $xy$ est le plan osculateur à l'origine.

III. *Autres extensions.* — On obtient des généralisations des cubiques gauches en partant des représentations paramétriques

$$\xi = \frac{\alpha_1}{\alpha_3}, \qquad \eta = \frac{\alpha_2}{\alpha_3}, \qquad \alpha_i = a_i + b_i t + c_i t^2, \qquad |a_3 b_4|\,|b_3 c_4| - |c_3 a_4|^2 = 0,$$
$$|a_j b_k|\,|a_3 b_4| + |b_j c_k|\,|b_3 c_4| - 2\,|c_j a_k|\,|c_3 a_4| = 0, \qquad jk = 23, 41,$$

des coniques du plan des $xy$; et de la même façon on peut construire des

---

(1) *Der barycentrische Calcul*, Leipzig, 1827, p. 120. Le plan osculateur d'une cubique gauche à un point quelconque est coupé par les tangentes à cette courbe suivant une conique.

généralisations directes des coniques sphériques en prenant les formes des fonctions $\xi$ et $\eta$ dérivées des représentations paramétriques usuelles

$$x = \sin a \cos t, \quad y = \sin b \sin t, \quad z = \cos b \sqrt{1 - \sin^2 c \cos^2 t},$$
$$\cos^2 a = \cos^2 b \cos^2 c,$$
$$x = \frac{\sin a \cos t}{\Delta(t)}, \quad y = \frac{\tang b \cos a \sin t}{\Delta(t)}, \quad z = \frac{\cos a}{\Delta(t)}, \quad \Delta(t) = \sqrt{1 - \sin^2 c \sin^2 t}$$

de la conique sphérique citée ci-dessus, dont la tangente coupe le plan des $xy$ suivant la quartique

$$\sin^2 b \cos^4 c X^2 + \sin^2 a Y^2 = \sin^4 c X^2 Y^2.$$

GÉOMÉTRIE. — *Sur les hypercirconférences et hyperhélices généralisées dans les espaces euclidiens à p dimensions.* Note (¹) de M. **M. Sypták**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Par *hypercirconférence généralisée* (*hyperhélice généralisée*), nous entendons une courbe C plongée dans un espace à $2n$ ($\geqq 4$) dimensions $\mathcal{R}_{2n}$ [à $2n+1$ ($\geqq 3$) dimensions $\mathcal{R}_{2n+1}$], dont les courbures scalaires $a_1$, $a_2$, ... sont telles que les rapports $a_1/a_2$, $a_2/a_3$, ... sont des constantes, non nulles. Dans un point P quelconque de C, nous appelons espace *normal* (*tangent*) l'espace déterminé par les normales d'indices impairs (par la tangente et les normales d'indices pairs) (²).

2. Étant donné dans $\mathcal{R}_{2n}$ [$\mathcal{R}_{2n+1}$] une hypercirconférence généralisée (= hce g) [une hyperhélice généralisée (= hbce g)] C appartenant à cet espace, par chaque point de l'espace il passe précisément $n$ plans totalement orthogonaux les uns aux autres (*les plans axiaux*) tels que : 1° la projection orthogonale de C dans chacun d'eux est une courbe dont la tangente et la normale dans un point P′ quelconque est la projection orthogonale de l'espace tangent et normal au point P de C, P′ étant la projection du point P ; 2° la tangente et toutes les normales de C forment avec chacun d'eux des angles constants. Dans $\mathcal{R}_{2n+1}$, la direction normale à l'hyperplan déter-

(¹) Séance du 30 avril 1934.

(²) Les notions des deux espaces en question sont fondamentales dans la théorie des hypercirconférences et hyperhélices (c'est-à-dire des courbes dont toutes les courbures scalaires sont constantes). Voir à ce sujet O. Bruvka, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 633; M. Sypáth, *Ibid.*, 195, 1932, p. 298.

miné par les plans axiaux (*direction axiale*) est telle que tous les espaces normaux de C lui sont orthogonaux et que la tangente et toutes les normales de C font avec lui des angles constants. Avec un choix convenable du système de référence, ayant rapport à ces figures privilégiées, on peut mettre les équations de chaque hce g sous la forme

$$(1)\quad X_{2i-1}=r_i\int\cos[l_i\varphi(s)]\,ds,\qquad X_{2i}=r_i\int\sin[l_i\varphi(s)]\,ds\qquad(i=1,\ldots,n)$$

et celles de chaque hhce g sous la forme

$$(2)\quad X_{2i-1}=r_i\int\cos[l_i\varphi(s)]\,ds,\qquad X_{2i}=r_i\int\sin[l_i\varphi(s)]\,ds,\qquad X_{2n+1}=Cs$$
$$(i=1,\ldots,n),$$

$r_i$, $l_i$, C étant des constantes $\neq 0$, $|l_i|\neq|l_j|$ pour $i\neq j$ et $\varphi(s)$ étant une fonction de $s$. Inversement les équations de la forme (1) et (2) représentent, quelle que soit la fonction $\varphi(s)$ des hces g et hhces g. Si $\varphi(s)$ est linéaire, les équations (1) et (2) sont celles d'une hypercirconférence (= hce) et d'une hyperhélice (= hhce). Les rapports des valeurs $l_i$ sont les rapports constants des angles (en nombre $n$) formés par un couple arbitraire des espaces normaux ou tangents. Les images sphériques des tangentes et des normales d'indice quelconque de chaque hce g ou hhce g C sont des hces dont les plans axiaux sont parallèles à ceux de C.

3. Pour qu'une courbe C de l'espace $\mathcal{R}_{2n}[\mathcal{R}_{2n+1}]$ soit une hce g [hhce g], il faut et il suffit qu'elle jouisse d'une quelconque des propriétés suivantes : *a*. C se projette orthogonalemennt sur $m$ plans orthogonaux les uns aux autres suivant des courbes $C_i$ de manière que leurs tangentes et leurs normales soient des projections des espaces tangents et normaux correspondants de C. Si les courbes $C_i$ sont des circonférences, C est une hce [hhce]. — *b*. La tangente et toutes les normales de C forment avec $n$ plans $\alpha_i$ orthogonaux les uns aux autres des angles constants. Si, en outre, C se projette orthogonalement sur chacun des plans $\alpha_i$ suivant une circonférence, C est une hce [hhce]. — *c*. Les plans des angles (en nombre $n$) formés par un couple quelconque d'espaces tangents ou normaux de C, sont parallèles. — *d*. C se projette orthogonalement sur $n$ plans $\alpha_i$ orthogonaux les uns aux autres suivant des courbes dont les rapports des courbures scalaires, aux points qui sont les projections d'un point sur la courbe C, sont constantes et les tangentes de C forment avec les plans

$\alpha_i$ des angles constants. — *e*. On peut associer à C une hce [hhce] et établir une correspondânce ponctuelle entre les deux courbes, de sorte que les espaces tangents et normaux aux points correspondants soient parallèles. — *f*. L'image sphérique des tangentes ou des normales dernières de C est une hce de l'espace à $2n$ dimensions. — *g*. Les images sphériques des tangentes et des normales premières de C sont des courbes $\Gamma$ dont les points sont à une distance constante de chacun de $n$ plans orthogonaux les uns aux autres passant par le centre des $\Gamma$. — *h*. L'image sphérique des tangentes de C est une courbe $\Gamma$ qui se projette orthogonalement sur $n$ plans orthogonaux les uns aux autres suivant des circonférences $\gamma_i$ de manière que les projections de la normale première de $\Gamma$ soient des normales des $\gamma_i$.

Pour qu'une courbe C de l'espace $\mathcal{R}_{2n+1}$ soit une hhce g, il faut et il suffit qu'elle jouisse d'une quelconque des propriétés suivantes : *a*. C se projette orthogonalement sur un hyperplan $\mathcal{R}_{2n}$ suivant une hce g C', dont les espaces tangents et normaux sont des projections des espaces tangents et normaux correspondants de C. Si, en particulier, C' est une hce, C est une hhce. — *b*. C est située sur une surface cylindrique à deux dimensions, telle que chaque hyperplan $\mathcal{R}_{2n}$ normal à ses génératrices la coupe suivant une hce g C', et C fait avec les génératrices de la surface en question des angles constants. Si, en particulier, C' est une hce, C est une hhce. — *c*. Tous les espaces normaux de C sont orthogonaux à une direction fixe et l'image sphérique de ses normales premières est une courbe dont les espaces normaux passent par un point fixe. — *d*. La tangente et toutes les normales d'indices pairs font avec une direction fixe des angles constants et l'image sphérique de ses normales premières est une courbe dont les espaces normaux passent par un point fixe.

4. Pour qu'une hce g [hhce g] soit une hce [hhce], il faut et il suffit que ses espaces normaux passent par un point fixe [coupent orthogonalement une droite fixe]. Pour qu'une hce g soit une hce, il faut et il suffit qu'il existe dans l'espace un point tel que les points de la courbe soient à des distances constantes des plans axiaux qui le contiennent.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les quadruples stratifiables conjugués.* Note [1] de M. **Al. Pantazi**, présentée par M. Élie Cartan.

Je me suis proposé le problème de la recherche des couples de congruences conjugués tels que les couples stratifiables formés, d'après un théorème de M. Finikoff [2], par les diagonales du quadrilatère des foyers soient aussi des couples conjugués. J'ai trouvé qu'en dehors de certains cas singuliers sans intérêt les congruences du couple initial font partie d'un quadruple stratifiable dont les congruences opposées forment des couples conjugués, configuration déjà citée par M. Finikoff, que j'appellerai un quadruple stratifiable conjugué.

La recherche des quadruples stratifiables conjugués m'a conduit à des résultats, que je crois nouveaux, qui complètent et mettent un trait d'union entre beaucoup de questions déjà classiques. Ce sont ces résultats que je veux signaler dans la Note présente.

1° Les quadruples stratifiables conjugués qui possèdent le plus grand degré de généralité, dépendant de deux fonctions arbitraires d'un argument, sont engendrés de la manière suivante. On considère une congruence K qui réalise par ses intersections avec une quadrique Q une transformation qui est en même temps de Ribaucour et de Kœnigs-Moutard [3]. J'appellerai de telles congruences des *congruences Darboux-Tzitzéica* et je les désignerai, pour abréger, par le symbole $\mathcal{DT}$. La congruence K′ engendrée par les polaires réciproques des rayons de K par rapport à Q est aussi une congruence. Les congruences K et K′ sont alors les deux congruences opposées d'un quadruple stratifiable conjugué appartenant à la catégorie générale ci-dessus mentionnée.

Les congruences L, L′ qui complètent le quadruple ainsi que les diagonales N, N′ du quadruple sont aussi des congruences $\mathcal{DT}$. Les quadruples stratifiables appartenant à cette catégorie sont ainsi prolongeables indéfiniment par le théorème déjà cité de M. Finikoff, et donnent par ces prolongements des quadruples stratifiables conjugués appartenant à la même catégorie.

---

(1) Séance du 30 avril 1934.

(2) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 376-378.

(3) V. Tzitzéica, *Géométrie projective différentielle des réseaux* (*Buc. Acad. Roum.*, 1924, p. 97-105).

2° La quadrique Q fait partie de toutes les familles de surfaces S, S′, Σ, Σ′, σ, σ′, etc. qui stratifient les congruences K, K′, L, L′, N, N′, etc. Il en résulte, d'après une proposition de M. Finikoff, selon laquelle les asymptotiques de toutes ces surfaces se correspondent (*loc. cit.*), que toute congruence $\mathcal{DT}$ détermine sur la quadrique Q une correspondance qui conserve les génératrices de cette quadrique. Une analyse plus profonde montre que ce sont les génératrices de même espèce qui se correspondent. La réciproque étant également vraie, les congruences $\mathcal{DT}$ ainsi que les quadruples stratifiables auxquels elles donnent naissance se déterminent par conséquent sans quadratures.

3° Les surfaces S, S′, ainsi que les surfaces focales des congruences K, K′ (par conséquent les surfaces focales de toute congruence $\mathcal{DT}$), ont leurs asymptotiques dans des complexes linéaires. En plus, les congruences K, K′ sont les directrices de Wilczynski des surfaces S, S′; elles forment par conséquent un couple de congruences de M. Čech (¹). Réciproquement, les congruences d'un couple stratifiable de M. Čech sont des congruences $\mathcal{DT}$.

4° Les congruences K, K′ et par conséquent toute congruence $\mathcal{DT}$ réalisent entre leurs surfaces focales une transformation qui fait correspondre aux lignes de Darboux de l'une les lignes de Segre de l'autre. Il en est de même entre une surface S arbitraire et une surface S′ arbitraire.

5° Une autre catégorie de quadruples stratifiables conjugués, dépendant d'une fonction arbitraire d'un argument, est formée par des congruences W ayant comme nappes focales des surfaces réglées. Les couples diagonaux sont, dans ce cas particulier, des couples stratifiables par familles de surfaces réglées (²).

6° Enfin les autres catégories de quadruples stratifiables conjugués dépendent de constantes arbitraires. Comme cas particulier je signale un quadruple stratifiable conjugué engendré de la manière suivante. On considère parmi les congruences W de M. Čech (³) qui réalisent une applicabilité projective entre leurs nappes focales, celles pour lesquelles les polynomes U, V de la théorie sont du premier degré ($a = 0$). Les deux nappes focales d'une telle congruence sont aussi nappes focales de nouvelles congruences L, L′ de la même espèce, les réseaux focaux de ces congruences

(¹) Cf. FUBINI et ČECH, *Geom. projettivo-differenziale*, I, 1926, p. 148-151.

(²) Voir *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1566-1568.

(³) Cf. FUBINI et ČECH, *Introduction à la géométrie projective différentielle des surfaces*, Paris, Gauthier-Villars, 1931, p. 249-253.

faisant avec les réseaux initiaux des rapports anharmoniques constants qui dépendent des coefficients $b_1$, $b_2$ de $u$, $v$ dans U, V. Les congruences K, L, L' se complètent par une quatrième congruence K' qui joue avec K par rapport à L ou L' le rôle que ces deux dernières jouent par rapport à K. Les congruences K, K', L, L' forment un quadruple conjugué. Les diagonales N, N' sont aussi deux congruences opposées d'un nouveau quadruple conjugué, qui n'est pas, en général, composé de congruences de M. Čech, mais qui appartient à la catégorie générale mentionnée dans ce dernier paragraphe.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités essentielles des fonctions analytiques de plusieurs variables complexes.* Note [1] de M. **P. Thullen**, présentée par M. Gaston Julia.

Les singularités essentielles d'une fonction analytique $f$ de $n$ variables complexes $z_1, \ldots, z_n$ qui peuvent être considérées comme analogues aux points essentiels isolés d'une fonction d'une variable, sont celles qui se distribuent sur des variétés caractéristiques isolées et irréductibles M, à $2n-2$ dimensions.

Une généralisation très facile du théorème de Picard se présente tout de suite ici. Il est en effet évident qu'en chaque point de M la $f$ peut prendre toute valeur, sauf une valeur exceptionnelle au plus.

Mais pour nous il s'agit de savoir si la valeur exceptionnelle est la même pour tout point de M, et c'est là une question bien plus sérieuse. Eh! bien : si l'on exclut quelque cas banal, la réponse est affirmative. On a en effet le

Théorème I. — *Si une fonction $f(z_1, \ldots, z_n)$ est régulière dans un domaine* B, *sauf dans les points d'une* $M_{2n-2}$ (*caractéristique et irréductible*) *où elle a des singularités essentielles, tout point de* M *est en général un point d'accumulation pour les zéros de $f$. Il peut arriver qu'il n'en soit pas ainsi lorsque les points d'accumulation des zéros de $f$ se distribuent sur des variétés caractéristiques, à $2n-4$ dimensions, tracées sur* M (*pouvant d'ailleurs s'accumuler vers la frontière de* B). *Pour $n=2$, on a, en tel cas, des points isolés.*

On en déduit tout de suite :

*Si $a_0$ est une valeur exceptionnelle relative à un point de* M, *elle est aussi*

---

[1] Séance du 9 avril 1934.

*valeur exceptionnelle pour tout autre point de la variété, sauf au plus pour les points de certaines variétés caractéristiques isolées, à* $2n-4$ *dimensions, pour lesquels les valeurs exceptionnelles n'existent pas.*

La démonstration s'appuie sur la considération des points singuliers essentiels de la variété $f=0$ et sur le fait (qu'on déduit du *Vorbereitungssatz* de Weierstrass) que ces points ne peuvent jamais être isolés. Par exemple dans le cas d'une surface caractéristique ($n=2$) les points essentiels peuvent constituer une ligne fermée de Jordan, qui est la frontière de la surface.

Dans le cas qui nous intéresse on a la proposition suivante (de laquelle on déduit le théorème I) :

THÉORÈME II. — *Soit* $f(z_1, \ldots, z_n)$ *une fonction régulière dans le domaine* B, *sauf dans les points d'une* $M_{2n-2}$ (*caractéristique*) *irréductible en* B. *Si l'équation* $f=0$ *a des solutions à l'intérieur de* B, *ou bien la variété* $f=0$ *ne possède pas des points singuliers essentiels dans l'intérieur du domaine ou bien ses points essentiels remplissent* M.

On aboutit en concluant au :

THÉORÈME PRINCIPAL. — *Envisageons une fonction régulière* $f(z_1, \ldots, z_n)$ *dans le voisinage d'une variété caractéristique isolée et irréductible* $M_{2n-2}$ *lieu de singularités essentielles de f. Alors les solutions de l'équation* $f=a$ *remplissent généralement pour chaque valeur de a une variété caractéristique* $G_a$, *pour laquelle tout point de* M *est un point essentiel. Il peut toutefois exister une valeur exceptionnelle* $a_0$ *telle que la variété* $G_{a_0}$ *soit algébroïde dans le voisinage de* M *et sur cette variété même, à moins que f ne prenne pas la valeur* $a_0$ *dans le voisinage de* M.

Le théorème que j'ai donné [1] pour une fonction entière est une conséquence du théorème II.

## THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la décomposition des ensembles.* Note [2] de M. N. LUSIN, transmise par M. Émile Borel.

1. Dans des Notes précédentes [3], nous avons énoncé, M. P. Novikoff et moi, la proposition suivante relative à la décomposition des ensembles :

---

[1] *Rend. Accad. Naz. Lincei*, 18, 1933, p. 488-490.

[2] Séance du 23 avril 1934.

[3] Voir notamment *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1116 et 1296.

tout ensemble E non dénombrable de points peut être décomposé en deux parties, $E_1$ et $E_2$, n'ayant aucun point commun et non séparables B.

Comme une observation nous a montré que la chaîne de nos déductions ne peut pas être regardée comme tout à fait complète, il me semble utile de développer complètement la démonstration dans ces cas importants où E n'est pas toujours de première catégorie, ou bien où E n'est pas de mesure nulle. Je suivrai de près la manière de M. P. Novikoff.

2. *Cas où* E *n'est pas toujours de première catégorie.* — Soit, sur l'axe OX, un ensemble de cette nature E que nous supposons écrit sous forme bien ordonnée : $E = \{x_0, x_1, \ldots, x_\alpha, \ldots\}$. Sans restreindre la généralité des considérations, nous pouvons supposer que tout segment de la suite bien ordonnée E est un ensemble toujours de première catégorie, que E est contenu dans un ensemble parfait P et que E n'est de première catégorie dans aucune portion de P.

Cela posé, plaçons sur l'axe OY du plan XOY un ensemble identique avec E et désignons par $\mathcal{E}$, $\mathcal{E} \equiv \{\mathfrak{M}(x, y)\}$, l'ensemble des points $\mathfrak{M}(x, y)$ du plan tels que $x$ et $y$ appartiennent à E et que $\operatorname{Ind} y < \operatorname{Ind} x$ : ici Ind désigne l'indice (fini ou transfini) d'un point de la suite bien ordonnée E.

Désignons par $\mathcal{E}_{x_0}$ et $\mathcal{E}_{y_0}$ deux ensembles linéaires de tous les points de $\mathcal{E}$ situés respectivement sur les droites $x = x_0$ et $y = y_0$. Il est clair que $\mathcal{E}_x$ est toujours de première catégorie. Dès lors, nous pouvons écrire

$$\mathcal{E} = \sum_{x<E} \mathcal{E}_x = \sum_{x<E} \sum_{n=1}^{\infty} \mathcal{E}_x^{(n)} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{x<E} \mathcal{E}_x^{(n)} = \sum_{n=1}^{\infty} H_n,$$

où $\mathcal{E}_x^{(n)}$ est sûrement *non dense* dans P (parallèle à OY). Au contraire, $\mathcal{E}_y$ n'est évidemment de première catégorie dans aucune portion de P (parallèle à OX) lorsque $y$ appartient à E. Il en résulte que, si $\pi_1, \pi_2, \ldots, \pi_i, \ldots$ est une suite formée des portions de P déterminées par les intervalles aux extrémités rationnelles, à chaque $y$ de E correspond un couple $(n, i)$ d'entiers positifs tels que $(H_n)_y$ n'est de première catégorie dans aucune portion de $\pi_i$ (parallèle à OX). Désignons par $E_{n,i}$ l'ensemble des points $y$ de E qui correspondent au même couple $(n, i)$. Comme les $E_{n,i}$ sont en infinité dénombrable et comme E (sur OY) n'est pas de première catégorie dans P, on voit bien qu'il existe un couple $(\nu, \iota)$ tel que $E_{\nu,\iota}$ est partout dense dans une portion $\pi_j$ (sur OY).

Or $(H_\nu)_x$ est non dense dans P (parallèle à OY) quel que soit $x$ de E. Dès lors, à tout $x_0$ de E correspond un entier positif $k$ tel que la portion $\pi_k$ de P (sur $x = x_0$) contenue dans $\pi_j$ ne contient aucun point de $H_\nu$. Dési-

gnons par $E^{(k)}$ l'ensemble des points $x$ de E qui correspondent au même nombre $k$. Comme les $E^{(k)}$ sont en infinité dénombrable et comme E n'est de première catégorie dans aucune portion de P, il existe une portion $\pi_\mu$ de P (sur OX) contenue dans $\pi_t$ et telle que $E^{(k)}$ *n'est de première catégorie dans aucune portion de* $\pi_\mu$.

Mais il existe sûrement un point $y_0$ de $E_{\nu,t}$ qui appartient à $\pi_k$ (sur OY). Il est clair que $(H_\nu)_{y_0}$ *n'est de première catégorie* dans aucune portion de $\pi_t$ et, par conséquent, *dans aucune portion de* $\pi_\mu$.

En définitive, *nous avons trouvé deux parties*, $E_1$ *et* $E_2$, *de* E, *n'ayant aucun point commun dont chacune n'est de première catégorie dans aucune portion de* $\pi_\mu$.

3. *Cas où* E *n'est pas de mesure nulle.* — D'une manière analogue et toujours sans restreindre la généralité des considérations, nous pouvons supposer que E est écrit sous forme bien ordonnée : $E = \{x_0, x_1, \ldots, x_\alpha, \ldots\}$ de sorte que tout segment de cette suite bien ordonnée est de mesure nulle. D'ailleurs, nous pouvons supposer que E est contenu dans un ensemble parfait P tel que la mesure extérieure de E soit égale à la mesure de P, $m_e E = \text{mes}\, P$.

Ceci étant, la définition de l'ensemble plan $\mathcal{E}$ reste la même et il est clair que $\text{mes}\, \mathcal{E}_x = 0$ et que $m_e \mathcal{E}_y = \text{mes}\, P$ quel que soit $y$ de E. Ici nous avons encore

$$\mathcal{E} = \sum_{x<E} \mathcal{E}_x = \sum_{x<E} \sum_{n=1}^{\infty} \mathcal{E}_x^{(n)} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{x<E} \mathcal{E}_x^{(n)} = \sum_{n=1}^{\infty} H_n,$$

où $\mathcal{E}_x^{(n)}$ est contenu dans un intervalle $\delta_n^{(x)}$ aux extrémités rationnelles tel qu'on ait $\sum_{n=1}^{\infty} \text{long}\, \delta_n^{(x)} < \varepsilon$, $\varepsilon$ étant un nombre positif aussi petit que l'on veut.

Il est clair qu'à chaque $y$ de E correspond un entier positif $n$ tel que $\left(\sum_{i=1}^{n} H_i\right)_y$ a la mesure extérieure qui surpasse mes P — ε. D'ailleurs, on voit bien qu'il existe un entier positif $\mathfrak{N}$ assez grand pour que l'inégalité $m_e\left(\sum_{i=1}^{\mathfrak{N}} H_i\right)_y > \text{mes}\, P - \varepsilon$ soit vérifiée pour un ensemble des $y$ dont la mesure extérieure surpasse encore mes P — ε. Il en résulte que la mesure superficielle extérieure de l'ensemble plan $\mathcal{H}$, $\mathcal{H} = \sum_{i=1}^{\mathfrak{N}} H_i$, surpasse sûrement $(\text{mes}\, P - \varepsilon)^2$, $m_e \mathcal{H} > (\text{mes}\, P - \varepsilon)^2$.

D'autre part, $(\mathcal{H})_x$ est renfermé dans les $\mathfrak{N}$ intervalles $\delta_1^{(x)}, \delta_2^{(x)}, \ldots, \delta_{\mathfrak{N}}^{(x)}$ dont la longueur totale est $< \varepsilon$. Comme ces intervalles ont les extrémités rationnelles, l'ensemble E se décompose en une infinité dénombrable d'ensembles $E^{(k)}$, $E = E' + E'' + \ldots + E^{(k)} + \ldots$, sans points communs deux à deux et tels que les intervalles $\delta_1^{(x)}, \delta_2^{(x)}, \ldots, \delta_{\mathfrak{N}}^{(x)}$ ont les projections sur OY *fixes* lorsque $x$ parcourt $E^{(k)}$ $(k = 1, 2, 3, \ldots)$.

Je dis maintenant que les $E^{(k)}$ ne sont pas séparables B deux à deux même *quand on néglige les ensembles de mesure nulle*. Dans le cas contraire, on pourrait renfermer (à un ensemble de mesure nulle près) les $E^{(k)}$ respectivement dans des ensembles $\widetilde{E}^{(k)}$ mesurables B n'ayant aucun point commun deux à deux. Or, ceci nous amène à une contradiction, puisque, dans ce cas, nous aurions l'inégalité évidente $m_e \mathcal{H} < \text{mes P} \times \varepsilon$.

En définitive, *nous avons deux parties*, $E_1$ *et* $E_2$, *de* E *n'ayant aucun point commun et contenus dans un ensemble parfait* Q *de mesure positive dont chacun a la mesure extérieure égale à la mesure de* Q.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés des montages à contre-réaction*. Note [1] de MM. **J. Bernamont** et **M. Lévy**, présentée par M. Brillouin.

Au cours d'études sur la réaction [2] nous avons montré, en particulier, que la contre-réaction, appliquée à un montage amplificateur, permet de stabiliser son fonctionnement et d'éliminer les distorsions dues aux courbures des caractéristiques.

Nous nous proposons, dans cette Note, d'une part, d'exposer sommairement la théorie de la contre-réaction appliquée aux amplificateurs non sélectifs et, d'autre part, de décrire un montage particulièrement simple. Toutefois, comme nos calculs ressemblent à ceux développés par M. Black dans une publication [3] dont nous venons

---

(1) Séance du 30 avril 1934.

(2) M. Lévy, *Note intérieure au Service des Recherches de l'Aéronautique* (*S. R. Aé.*, avril 1932); L. Brillouin et M. Lévy, *Sur un montage à réaction indépendante de la fréquence de sélection* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1151); M. Lévy, *Sur un montage* simplifié *à réaction indépendante de la fréquence de sélection*, Note au *S. R. Aé.*, avril 1932, et *Revue d'Acoustique*, 2, novembre 1933, p. 471); M. Lévy, *Procédés de réaction et dispositifs fonctionnant comme amplificateurs sélectifs ou comme oscillateurs* (Brevet français, n° 750733 du 8 septembre 1932); J. Bernamont, *Procédé d'amplification sélective par relais électronique* (Brevet français déposé le 1er septembre 1933); J. Bernamont, *Lettre à divers constructeurs*, envoyée en décembre 1933.

(3) H. S. Black, *Amplificateurs stabilisés à réaction* (*Bell System Technical Journal*, 13, janvier 1934, p. 1).

seulement de prendre connaissance, nous n'insisterons que sur les points où les différences sont importantes.

*Théorie.* — Considérons un amplificateur dont l'entrée est reliée à la sortie par l'intermédiaire d'un organe de couplage. Soient K et K' les coefficients d'amplification de l'amplificateur et de l'organe de couplage. Ces coefficients sont fonction de la fréquence $N = \omega/2\pi$ et des déphasages respectifs, $\theta$ et $\theta'$, entre l'entrée et la sortie de chacun de ces deux éléments. On a

$$K = |K|e^{i\theta} \quad \text{et} \quad K' = |K'|e^{i\theta'}.$$

Appelons $u$ la tension sinusoïdale appliquée à l'entrée de l'amplificateur et U la tension de sortie. Avec ces notations les équations de fonctionnement du montage, avec et sans réaction, s'écrivent respectivement

$$U = \frac{K}{1 - KK'} u \quad \text{et} \quad u = Ku.$$

Si l'amplificateur est composé de $n$ lampes d'amplification effective $K_1$, $K_2$, ..., $K_n$, la tension $U_i$ à la sortie de la lampe $i$ est donnée, respectivement, par

$$U_i = \frac{K_1 K_2 \ldots K_i}{1 - KK'} u = \frac{K_1 \ldots K_i}{K} U \quad \text{et} \quad U_i = K_1 \ldots K_i u = \frac{K_1 \ldots K_i}{K} U.$$

Ces équations, établies en supposant les distorsions négligeables, montrent qu'à tension de sortie égale les caractéristiques de fonctionnement de chaque lampe sont les mêmes, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas de réaction.

1° *Sensibilité.* — Si $|1 - KK'| < 1$, la sensibilité de l'amplificateur est augmentée; on dit que la réaction est positive. Si, au contraire, $|1 - KK'| > 1$, la sensibilité est diminuée et l'on dit que la réaction est négative, ou qu'il y a *contre-réaction*. La contre-réaction peut atteindre des valeurs très grandes; dans les montages courants elle est de l'ordre de 200 à 1000.

2° *Stabilité.* — Le degré de stabilité d'un montage peut être mesuré par la variation relative $dU/U$ correspondant à une variation $dK_i$ de chaque coefficient $K_i$. On a, suivant que le montage est ou n'est pas à réaction,

$$\frac{dU}{U} = \frac{1}{1 - KK'} \frac{dK}{K} = \frac{1}{1 - KK'} \sum_{i=1}^{n} \frac{dK_i}{K_i} \quad \text{et} \quad \frac{dU}{U} = \frac{dK}{K} = \sum_{i=1}^{n} \frac{dK_i}{K_i}.$$

D'où les conclusions suivantes :

*a*. Pour les montages à réaction tout se passe comme si la stabilité variait en raison inverse de la sensibilité;

*b*. Pour les montages sans réaction tout dépend de la façon dont on diminue la sensibilité. Si, par exemple, on réduit le nombre d'éléments amplificateurs, supposés tous identiques, la sensibilité $K = K_1 K_2 \ldots K_i \ldots K_n$ décroît en progression géométrique et la stabilité en progression arithmétique. Si, au contraire, on diminue la sensibilité en agissant sur un potentiomètre, placé n'importe où, la stabilité ne varie pas. Si, enfin, on agit sur la polarisation de la lampe $i$, il est très probable, par suite des causes multiples qui interviennent pour produire l'instabilité, que $dK_i/K_i$ varie peu. Il semble donc que, dans tous les cas, la stabilité décroît moins vite que la sensibilité;

*c*. *Des conclusions a et b on déduit qu'il y a toujours avantage à utiliser la contre-réaction pour faire varier la sensibilité ou pour augmenter la stabilité de fonctionnement d'un montage.*

*Distorsions*. — S'il existe des distorsions, les équations précédentes peuvent encore s'appliquer à condition de regarder chaque coefficient $K_i$ comme correspondant à l'amplification du fondamental. Si la proportion des harmoniques est petite, ces équations montrent que les caractéristiques de fonctionnement sont encore les mêmes avec ou sans réaction. On peut donc admettre, en première approximation, que chaque lampe produit, dans les deux cas, la même proportion d'harmoniques. Mais, avec réaction, l'amplification de chaque harmonique est $(1 - KK')$ fois plus petite, K et K′ correspondant à la fréquence de cet harmonique. *La réduction de l'amplitude de chaque harmonique est donc sensiblement proportionnelle à la diminution de sensibilité, due à la réaction, pour la fréquence correspondante.*

*Exemple de montage à contre-réaction*. — On peut réaliser très simplement un amplificateur à contre-réaction à une seule lampe en plaçant une résistance non shuntée, $r$, entre la cathode et la terre. Un calcul simple montre alors que tout se passe comme si la lampe avait une résistance apparente

$$\rho_a = \rho + (K + 1)\,r,$$

où K est le coefficient d'amplification. Si, par exemple, $p = 2$ milliampères par volt et $r = 50000^{\omega}$, $\rho_a \cong 100\,\rho$. Ce montage permet de remplacer avantageusement le réglage de sensibilité par polarisation et améliore en même temps les caractéristiques de la lampe.

ÉLECTRONIQUE. — *Influence des gaz sur la conductibilité unilatérale du couple silicium-charbon.* Note [1] de M^lle **M. Quintin**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons indiqué avec R. Audubert [2] que les caractéristiques des couples redresseurs silicium-charbon étaient correctement représentés pour chaque branche par une relation parabolique : $i = ae^2 + be$ où $i$ représente l'intensité du courant et $e$ la tension appliquée aux bornes du contact. Nous avons, en outre, montré [3] que l'on pouvait théoriquement arriver à la même relation en supposant l'existence de phénomènes d'ionisation dus, au moins en partie, à la présence de gaz occlus dans la couche de passage; la dissymétrie des deux branches de la caractéristique étant relative à la différence des mobilités des ions formés.

C'est pourquoi j'ai cherché à vérifier l'influence et le rôle des gaz sur le couple silicium-(silice)-charbon.

Le redresseur constitué par deux électrodes serrées l'une contre l'autre à pression constante était disposé à l'intérieur d'une ampoule réunie à une canalisation permettant d'y faire le vide ou d'introduire des gaz différents (air, hélium, argon), l'action des deux derniers gaz étant particulièrement intéressante à étudier; on sait, en effet, que l'ionisation de ces gaz fait apparaître des ions de mobilités très différentes, ce qui, du point de vue de la théorie précédemment exposée, devrait entraîner un accroissement de dissymétrie entre les deux portions de la caractéristique du couple.

L'électrode de charbon étant capable de retenir une masse considérable de gaz adsorbé, un dispositif de chauffage sous vide de la plaque avait été prévu pour enlever les gaz occlus.

Les courbes de la figure traduisent quelques-uns les résultats obtenus. Ceux-ci sont extrêmement complexes.

Mais on peut vérifier que, dans certaines limites de pression, la dissymétrie est augmentée par l'influence d'un vide prolongé, par l'abaissement de la pression ou par l'effet d'un chauffage énergique du contact, c'est-à-dire par diminution des gaz adsorbés.

L'influence de la nature des gaz est moins nette : dans le cas de l'hélium

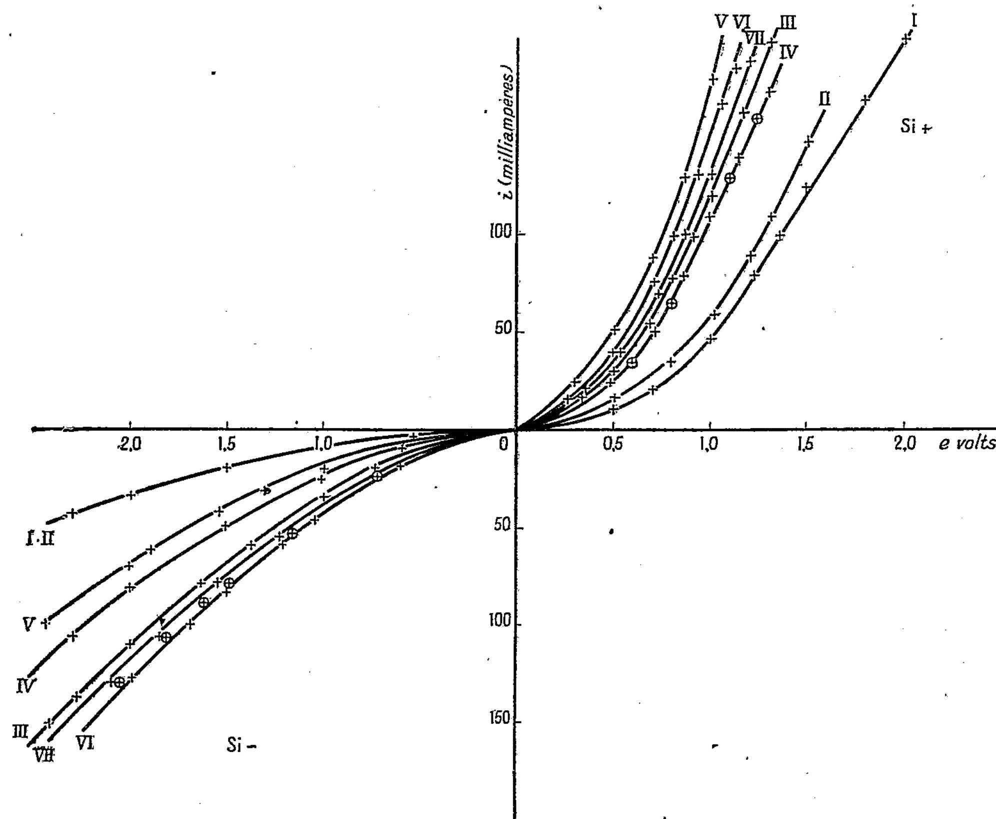
---

(1) Séance du 23 avril 1934.

(2) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 972.

(3) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 52.

les deux branches de la caractéristique ne présentent que de faibles déformations, mais dans celui de l'argon, on peut observer une modification dans le sens d'une augmentation de la dissymétrie, augmentation qui croît avec la pression, c'est-à-dire probablement avec la quantité d'argon diffu-




I, air-pression atmosphérique; II, vide $0^{mm},04$ Hg environ; III, après 6 jours de vide $0^{mm},01$; IV, on chauffe légèrement le charbon en maintenant sous vide; V. on chauffe légèrement le charbon en maintenant sous vide, mais chauffage plus intense; VI, +, le contact a été laissé sous basse pression pendant un mois; ⊕, on fait rentrer de l'argon sous $0^{mm},05$; VII, +, le contact a été laissé sous basse pression pendant un mois; ⊕, on fait rentrer de l'argon sous $1^{cm}$.

sant dans la couche de passage. Les différences observées entre l'hélium et l'argon proviennent sans doute du fait que les expériences avec ce dernier gaz ont été effectuées après un séjour prolongé du contact sous vide.

Quoi qu'il en soit ces résultats montrent que la nature et la pression des gaz diffusant dans la couche de barrage sont susceptibles d'exercer une influence sur la conductibilité unilatérale du couple.

L'existence d'une pression optima donne quelque raison de croire à la

possibilité de phénomènes d'ionisation gazeuse; mais dans l'hypothèse d'un mécanisme strictement électronique, la pression et la nature des gaz pourraient intervenir en modifiant la couche de barrage dont j'ai montré, dans une Note récente (1), qu'elle pouvait être gazeuse.

ÉLECTROCHIMIE. — *Processus d'oxydoréduction, au niveau d'une membrane, interposée dans une solution cuivrique, au cours de l'électrolyse.* Note de Mme **Lina Guastalla**, présentée par M. Georges Urbain.

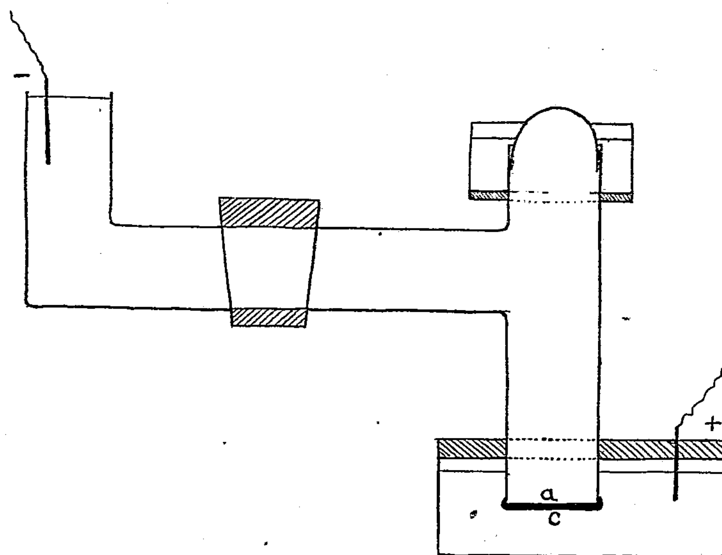
L'appareil utilisé est le suivant : la membrane est tendue à la partie inférieure d'un tube vertical qui plonge dans un cristallisoir, son extrémité supérieure est fermée par un petit tube à essai, rodé, dans lequel montent les bulles gazeuses qui se forment au contact de la membrane et que l'on recueille dans une cuve à eau : l'une des électrodes plonge dans la branche latérale du tube, l'autre dans le cristallisoir. Ce dispositif permet d'opérer à température constante.

Nous avons électrolysé des solutions cuivriques (nitrates, sulfates, chlorures) de concentration M/500, de pH voisin de 4,6. Les conditions normales d'expérience étaient les suivantes : tension aux électrodes : 800 V; densité de courant : 5 mA/cm$^2$; température : entre 10° et 15°; temps : 3 heures; nous avons employé des vessies de porc longuement épuisées à l'alcool.

Au cours de l'électrolyse d'une solution de chlorure cuivrique, cloisonnée par de la vessie de porc, sur la face de la membrane qui regarde l'anode, *c*, se forme très rapidement un dépôt bleu d'oxychlorure cuivrique, dont la formule $CuCl^2$, $3CuO$, $3H^2O$ a été déterminée par M. O. Binder, et le pH de la solution croît de quelques dixièmes; il apparaît ensuite un précipité noir brun de CuO contenant en faible proportion du $Cu^2O$, puis du Cu métallique; cette face fonctionne au moment de la formation des produits de réduction comme une cathode dans le compartiment de la solution où plonge l'anode. Sur la face qui regarde la cathode *a*, quelques minutes après l'établissement du courant, le pH de la solution diminue de deux unités, puis, en même temps que se déposent le $Cu^2O$ et le Cu, il se dégage de l'oxygène (30 à 50 pour 100 du volume gazeux total); la face *a* fonctionne donc comme une anode dans le compartiment de la solution dans lequel plonge la cathode.

(1) M. Quintin, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 347.

Des coupes histologiques, pratiquées perpendiculairement à la surface de la membrane, montrent, à partir de la face *a*, une zone dans laquelle se sont insérés ces dépôts de Cu, $Cu^2O$ d'oxychlorure cuivrique et une zone, non imprégnée d'oxydes et de métal, qui réalise une solution de continuité entre les deux faces; la membrane ayant une épaisseur de l'ordre de $0^{mm},150$,




la zone, dans laquelle les oxydes et le métal sont précipités, peut ne correspondre dans les conditions d'expérience indiquées qu'à $0^{mm},02$ ou $0^{mm},03$.

Certaines variations physiques de la membrane, membrane distendue, membrane gonflée par un séjour dans la solution, ou une acidification de la solution, ou une tension plus faible, déterminent une modification du précipité d'oxychlorure qui devient gélatineux et ne s'insère pas dans la membrane; on observe, dans ces cas, un retard dans l'apparition des phénomènes d'oxydo-réduction. La réduction cuivreuse, $Cu^2O$ étant en très faible quantité, n'a pu être mise en évidence par la réaction de l'acétylure cuivreux en milieu ammoniacal, mais par le réactif phosphomolybdique de Fontès et Thivolle. La présence de CuO, $Cu^2O$, Cu a été vérifiée par l'examen des spectres de rayons X (méthode de Debye et Scherrer) par M. O. Binder.

ÉLECTROCHIMIE. — *La nature de la capacité d'électrode en courant alternatif.* Note de M. N. **Thon**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente (¹) nous avons reproduit quelques résultats de mesures de capacité d'électrode du système $Hg | Hg^2(NO^3)^2$ et nous avons montré qu'ils ne cadraient pas avec la théorie de Warburg-Krüger. La nouvelle interprétation que nous proposons est à même de rendre compte de l'ensemble des faits observés.

Nous considérons la couche de passage électrolyte/électrode comme constituée par une capacité C et une résistance $r$ en parallèle. Uue fraction $\alpha$ de l'unité de surface de contact est occupée par la capacité, le restant $(1-\alpha)$ est conducteur. Soient K la capacité, supposée invariable en première approximation, par centimètre carré, $\rho$ la résistivité de l'électrolyte, $l$ l'épaisseur de la couche double, on a

$$C = K\alpha, \tag{1}$$

$$r = \frac{\rho l}{1-\alpha}. \tag{2}$$

Plus une électrode est polarisable, plus $\alpha$, C et $r$ sont grands. Pour une électrode parfaitement polarisable telle que le mercure en absence d'ions de mercure, à un potentiel excluant la neutralisation d'autres ions présents dans l'électrolyte, on a $\alpha = 1$, $C = K$ et $r = \infty$. En cas de réversibilité parfaite (mercure en solution concentrée d'ions de mercure), on a $\alpha = 0$, $C = 0$ et $r = \rho l$, valeur minima de $r$. La conductibilité $1/r$ représente donc la fuite du condensateur d'électrode.

Si l'on appelle R la résistance de la masse de l'électrolyte, $j$ l'unité imaginaire, $\omega$ la pulsation, la résistance complexe du système : R en série avec l'assemblage parallèle de C et $r$, s'écrit :

$$R + \frac{r}{1+\omega^2 r^2 C^2} - j\frac{\omega r^2 C}{1+\omega^2 r^2 C^2}. \tag{3}$$

Ce système est compensé dans le pont de Wheatstone par une résistance R′ et une capacité C′, donc par la résistance complexe $R' - j/\omega C'$.

En comparant les parties imaginaires on obtient la relation suivante

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1220.

entre la capacité *mesurée* C' et les grandeurs $r$ et C :

$$C' = \frac{1}{\omega^2 r^2 C} + C. \tag{4}$$

Cette équation s'étend à tous les cas, depuis les électrodes parfaitement polarisables jusqu'aux électrodes parfaitement réversibles. Dans le premier cas, $r = \infty$ et $C' = C$, la capacité mesurée est indépendante de la fréquence et identique à la capacité vraie.

Dans le cas d'une électrode impolarisable, $r$ est petit et l'on peut négliger le second terme du deuxième membre. On a alors

$$C' = \frac{1}{\omega^2 r^2 C}, \tag{5}$$

ou, $r$ et C ayant des valeurs constantes pour un système donné,

$$C' \omega^2 = \text{const.} \tag{6}$$

C'est ce que nous avons trouvé pour la solution à 0,5 mol/l.

En solution plus diluée, la dépolarisation par neutralisation d'ions est de plus en plus retardée, $r$ croît; le second terme du deuxième membre de l'équation (4) n'est plus négligeable et, par conséquent, la dispersion de la capacité mesurée C' devient de moins en moins importante. C' varie toujours en raison inverse d'une puissance de $\omega$ comprise entre 0 et 2, l'exposant apparent étant d'autant plus petit que l'électrode est plus facilement polarisable.

Une électrode métallique *solide* étant plus polarisable que le mercure, il fallait s'attendre à ce que sa capacité mesurée soit plus faible et qu'elle varie en raison inverse d'une puissance de $\omega$ bien inférieure à 2. C'est ce que l'on constate en effet pour le système argent (brillant)/nitrate d'argent, ainsi que le montre le tableau ci-dessous, donnant les valeurs de C' (en $\mu F/cm^2$) pour deux concentrations de $AgNO_3$ :

| $\nu(sec^{-1})$. | 1 m. | 0,1 m. |
|---|---|---|
| 2100 | 54,9 | 23,4 |
| 4200 | 45,7 | 20,8 |
| 7350 | 41,3 | 18,6 |
| 10200 | 38,2 | 16,7 |
| 12500 | 36,3 | 16,3 |

On a ici approximativement $C' \sqrt[4]{\omega} = \text{const.}$

L'équation (3) rend également compte de l'écart observé entre la résis-

tance mesurée R′ et la résistance vraie R de l'électrolyte que l'on calcule à partir des dimensions géométriques et de la résistivité, mesurée avec des électrodes impolarisables. Cet écart

$$\Delta R = \frac{r}{1 + \omega^2 r^2 C^2} \tag{7}$$

est en effet négligeable lorsque $r$ est très petit (électrode réversible); il diminue avec la fréquence croissante d'autant plus rapidement que l'électrode est plus polarisable. Ces conclusions sont en accord avec les faits observés.

Il paraît probable, en outre, que la capacité vraie C varie avec la concentration aussi en raison du changement de la distribution des ions entre la couche helmholtzienne et la couche diffuse de Gouy telle qu'elle découle de la théorie de Stern. La couche diffuse prenant d'autant plus d'importance que l'électrolyte est plus dilué, il s'ensuit qu'avec la concentration décroissante l'épaisseur moyenne du condensateur élémentaire augmente et que, par conséquent, la capacité par centimètre carré K [équation (1)] diminue.

RADIATIONS. — *Sur la constitution des rayons cosmiques.* Note [1] de M. **Auguste Piccard**, transmise par M. Pierre Weiss.

La nature des rayons cosmiques primaires, tels qu'ils pénètrent dans notre atmosphère n'est pas encore connue avec certitude. Deux hypothèses se confrontent dont chacune présente des difficultés : Si le rayonnement primaire était corpusculaire, il devrait être plus fortement dévié par le champ magnétique terrestre dans les derniers quelques mille kilomètres de son trajet. L'intensité des rayons arrivant au sol devrait alors varier plus fortement en fonction de la latitude magnétique que ce que l'on a pu observer. Si par contre le rayonnement primitif était de nature électromagnétique, il devrait avoir un quantum $h\nu$ énorme pour pouvoir produire dans l'atmosphère le rayonnement de grand pouvoir de pénétration mis en évidence par la méthode des compteurs à coïncidences. Mais un rayonnement électromagnétique primaire de fréquence correspondante devrait, semblait-il, être très pénétrant et ce fait serait en opposition avec les

[1] Séance du 9 avril 1934.

observations faites en altitude qui ont bien montré que le rayonnement cosmique ou plus exactement l'ionisation produite par lui diminue dans de très fortes proportions en traversant l'atmosphère [ces difficultés d'interprétation ont été dernièrement mises en évidence par Auger (1)].

Je crois que l'on peut construire une hypothèse conciliant toutes les données expérimentales en s'appuyant sur un fait récemment décrit (2). Les rayons électromagnétiques dont le quantum $h\nu$ est très grand (plus grand que $10^6$ eV) subissent une absorption supplémentaire produite par les noyaux de la matière traversée et accompagnée d'une matérialisation d'électrons et de positrons. Rien ne nous empêche maintenant d'admettre que cette absorption nucléaire devient assez grande dans les hautes fréquences pour que les rayons électromagnétiques arrivant dans les couches supérieures de notre atmosphère y soient presque complètement absorbés, même par les atomes légers de l'air. Cette absorption produirait alors, probablement par un phénomène de matérialisation, des électrons et des positrons rapides, qui constituent la partie principale du rayonnement cosmique observé à la surface de notre planète.

Si l'on étudie l'intensité d'ionisation (en chambre close) en fonction de la pression barométrique observée par Regener et par le F. N. R. S., on voit que cette intensité suit une loi à peu près exponentielle à partir de $120^{mm}$ Hg vers le bas. Ce serait donc après avoir traversé une couche d'air d'une masse de 163 g/cm² que le rayonnement électromagnétique de haute fréquence serait pratiquement absorbé, tout en produisant un rayonnement secondaire beaucoup plus pénétrant que le primaire.

Au point de vue pénétration les rayons ultra-gamma se comporteraient donc par rapport aux rayons gamma ordinaires comme les rayons ultraviolets par rapport aux rayons visibles.

Si le rayonnement cosmique primaire n'était composé que de rayons ultra-gamma à peu près homogènes, il faudrait que la courbe d'ionisation extrapolée à la pression atmosphérique zéro passe elle-même par zéro. Cela n'est pas le cas. Il y a donc une composante fortement ionisante dans le rayonnement initial. Cette composante peut être un rayonnement ultra-ultra-gamma, encore plus fortement absorbable que l'ultra-gamma. Elle peut aussi être constituée par un rayonnement corpusculaire accompagnant les rayons électromagnétiques depuis les espaces lointains de l'univers. La

---

(1) *Journal de Physique*, 7e série, 5, 1934, p. 1.

(2) F. Joliot, *Bull. Soc. Fr. Phys.*, n° 352, 2 mars 1934, p. 49 S.

variation de l'ionisation observée en fonction de la latitude magnétique prouve qu'au moins une partie du rayonnement ionisant primaire est constituée par des corpuscules chargés.

SPECTROSCOPIE. — *Étude d'une bande caractéristique de la fonction* OH *dans le très proche infrarouge* (*vers* $0^{\mu},96$). Note de M. **A. Naherniac**, présentée par M. A. Cotton.

En employant un spectromètre à réseau et un appareil enregistreur récemment décrit ([1]), j'ai étudié l'absorption, entre $0^{\mu},8$ et $1^{\mu},2$, de quelques substances organiques à l'état de vapeur, contenant dans leur molécule la fonction OH. Dans les conditions de mes expériences, on ne remarque dans le spectre que l'absorption caractéristique OH (vers $0^{\mu},96$), région pour laquelle la fraction absorbée atteint 70 pour 100. Les bandes ayant d'autres origines sont trop faibles pour être mesurées.

Les fentes du spectromètre occupant 3Å dans le spectre, je n'ai pu rechercher la structure fine ; je me suis borné à étudier les maxima de cette bande OH en comparant différentes substances. La cuve d'absorption était constituée par un tube en verre ($1^{m}$ de longueur et $3^{cm}$ de diamètre) dont les fenêtres étaient soudées. Elle était chauffée à l'aide d'un four électrique. La vapeur était à la pression atmosphérique.

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant où on les a rapprochés de ceux de l'étude faite récemment par Freymann du spectre de la plupart de ces substances à l'état liquide et dans différents solvants ([1]).

De cette étude, je crois pouvoir tirer les observations suivantes :

Tandis que les alcools à l'état liquide ([2]) ont une bande OH simple, les vapeurs (sauf les alcools tertiaires et le phénol) ont une bande formée de deux composantes dont les maxima, $\lambda_1$, $\lambda_2$, sont écartés de 30 à 50 Å. Les alcools primaires à l'état liquide, surtout les premiers termes, ont une bande très faible. Elle est plus intense dans le cas des alcools secondaires et encore plus pour les tertiaires. L'intensité croît par dilution. Les bandes des composés à l'état de vapeur sont beaucoup plus intenses que celles des liquides.

([1]) R. Freymann, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; et R. Freymann et A. Naherniac, *J. Phys.*, 7e série, 5, 1934, p. 75.

([2]) R. Freymann, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243.

| Formule de la substance. | Positions des maxima d'intensité en Å. Liquide. $\lambda_l$. | Vapeur. $\lambda_1$. | $\lambda_2$. | Erreur probable pour $\lambda_1$ et $\lambda_2$ en Å. $\varepsilon_1$. | $\varepsilon_2$. | Déplacement des maxima $\lambda_l - \frac{\lambda_1+\lambda_2}{2}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $CH^3OH$ | vers 9630 (¹) | 9472 | 9502 | ±3 | ± 3 | 141 |
| $CH^3CH^2OH$ | » | 9497 | 9535 | ±5 | ± 5 | 114 |
| $CH^3(CH^2)^2OH$ | » | 9517 | 9564 | ±5 | ± 5 | 89,5 |
| $CH^3(CH^2)^3OH$ | » | 9517 | 9564 | ±3 | ± 3 | 89,5 |
| $CH^3(CH^2)^7OH$ | » | 9523 | 9562 | ±5 | ± 8 | 87,5 |
| $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\rangle CH-CH^2OH$ | » | 9504 | 9549 | ±5 | ±10 | 103,5 |
| $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\rangle CH-(CH^2)^2OH$ | » | 9508 | 9556 | ±3 | ± 7 | 98 |
| $CH^2{=}CH-CH^2OH$ | 9683 | 9530 | 9566 | ±7 | ± 4 | 135 |
| $C^6H^5CH^2OH$ | 9778 | 9536 | 9585 | ±8 | ± 3 | 217,5 |
| $CH^3-\underset{\mid \atop CH^3}{CH}-OH$ | 9635 | 9551 | 9601 | ±4 | ± 7 | 60 |
| $CH^3-(CH^2)^5-\underset{\mid \atop CH^3}{CH}-OH$ | 9633 | 9564 | 9620 | ±3 | ± 7 | 41 |
| $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\rangle C\langle\begin{matrix}CH^3\\OH\end{matrix}$ | 9672 | 9601 | – | ±3 | – | 71 |
| $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\rangle C\langle\begin{matrix}CH^2-CH^3\\OH\end{matrix}$ | 9677 | 9603 | – | ±3 | – | 74 |
| $C^6H^5OH$ | 9684 (²) | 9562 | – | ±3 | – | 122 |

L'observation des déplacements que subissent les bandes en passant de l'état liquide à l'état de vapeur, conduit à la remarque suivante : Faisons l'hypothèse que le déplacement soit dû uniquement à la destruction d'un champ moléculaire, et que ce champ soit produit surtout par les molécules qui font partie des agrégats moléculaires. Dans cette hypothèse, on sera conduit à admettre pour les premiers termes des alcools primaires ($C_1 - C_3$) une plus grande association, cette association étant plus petite pour les alcools secondaires et tertiaires qui donnent des déplacements notablement plus petits.

(¹) La bande est très faible et se place d'après Freymann, pour tous les alcools primaires, vers 9630 Å.

(²) Position correspondant à une solution du $C^6H^5OH$ (10 pour 100) dans CCl (voir *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1254).

Dans les alcools ROH à l'état de vapeur on observe que la bande due à OH se déplace systématiquement vers les grandes longueurs d'onde lorsqu'on passe des alcools primaires aux alcools secondaires et surtout tertiaires. Ce déplacement serait attribuable à l'influence de R sur les vibrations et cette influence pourrait être plus marquée quand les masses présentes dans R se rapprochent de OH.

La double liaison n'a pas une aussi grande influence que dans le cas des liquides. En effet, tandis que pour les liquides, la présence d'une double liaison produit un déplacement d'environ 50 Å, pour les vapeurs celui-ci est seulement de quelques angströms.

En ce qui concerne la nature de ces bandes, il n'y a aucun doute qu'elles appartiennent à l'oscillateur OH, car nous ne les avons pas trouvées en étudiant les substances ne contenant pas d'oxhydrile. L'intensité relativement grande de ces bandes indiquerait qu'il s'agit d'une oscillation fortement asymétrique. La bande correspondante pour l'eau (étudiée par Mecke et ses collaborateurs) (1) est beaucoup moins intense : ici, vraiment, on a affaire à une molécule plus symétrique. Comme pour l'eau, la bande doit être une bande de combinaison dont une des harmoniques se trouverait vers $3^{\mu},4$.

Je ne saurais dire si les deux composantes font partie de deux bandes différentes ou si elle ne sont que les branches P et R d'une même bande.

RADIOACTIVITÉ. — *Fractionnement de l'actinium en présence de terres rares*. Note de MM. **Maurice Curie** et **S. Takvorian**, présentée par M. G. Urbain.

I. Les propriétés chimiques de l'actinium l'apparentent nettement aux terres rares. L'actinium suit les terres rares dans les opérations d'extraction de la pechblende (Debierne). Si l'on fractionne les nitrates doubles de terres rares et d'ammonium en solution nitrique, il est bien connu que le lanthane et l'actinium passent dans les fractions les moins solubles. Ceci montre que l'actinium et le lanthane sont des espèces chimiques voisines. La basicité de l'actinium semble même plus grande que celle du lanthane; on peut, en effet, enrichir considérablement du lanthane actinifère par des précipitations fractionnées par l'acide oxalique en solution nitriques assez

(1) *Zeitschrift f. Physik*, 81, 1933, p. 313, 445 et 465.

concentrées : l'actinium se concentre dans les dernières fractions (M[me] Curie).

Par contre, nous avons observé un comportement nettement différent de l'actinium dans des fractionnements de nitrates doubles de terres rares et de magnésie en solution nitrique; nous avons d'ailleurs retrouvé depuis que ce fait avait été déjà signalé par Debierne et Urbain, lors des premiers essais sur la séparation de l'actinium. Le résultat est alors tout autre que celui obtenu dans le fractionnement des nitrates doubles de terres rares et d'ammonium. Cependant, dans ces deux fractionnements le lanthane se dépose toujours en premier. L'actinium ne présente pas la même régularité, ainsi qu'il résulte en particulier des tableaux ci-dessous.

Ces tableaux donnent les *activités* pour différents termes de fractionnement d'un mélange, primitivement inactif, de lanthane (57), de néodyme (60) et de samarium (62), dans lequel on a ajouté de l'actinium.

(Électromètre de Wulf; mesures faites 4 mois et demi après transformation à l'état d'oxalate; unités arbitraires, l'étalon étant constitué par quelques microgrammes de radium enfermés dans un tube de verre placé à l'extérieur de la chambre d'ionisation.)

| | La. | | | → | | | Sm. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fractions.......... | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
| | | | *Nitrates doubles ammoniacaux.* | | | | |
| Activités............ | 3,37 | 2,75 | 2,26 | 1,58 | 1,91 | 1,05 | 0,82 |
| | | | *Nitrates doubles magnésiens.* | | | | |
| Activités............ | 1,09 | 2,15 | 5,62 | 7,10 | 9,89 | 4,00 | 2,85 |

La concentration moyenne en actinium était plus élevée pour les sels magnésiens, mais cependant du même ordre de grandeur que pour les sels ammoniacaux; le nombre des fractions fut le même pour les deux sels.

Il semble donc que les solubilités des sels doubles d'actinium se classent d'une manière différente par rapport aux solubilités des sels doubles de terres rares, suivant la nature du sel double.

Il est remarquable qu'avec les sels doubles magnésiens, l'actinium se laisse particulièrement bien fractionner, et il est possible que ce soit là un procédé de choix pour obtenir des préparations riches en actinium.

II. On voit que dans le fractionnement des sels doubles magnésiens l'actinium se trouve dans les fractions où devrait se concentrer l'élément 61. De même, les activités que nous avons observées ([1]) dans les parties néodyme-

([1]) Maurice Curie et S. Takvorian, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 923.

samarium d'un fractionnement de lanthane-néodyme-samarium provenant d'un lot de monazite des Indes, doivent être attribuées, pour une grande partie tout au moins, à la présence de l'actinium et de ses produits de transformations, quoique les fractions lanthane fussent tout à fait inactifs dans ce fractionnement.

Nous avons, en effet, caractérisé la présence d'éléments de la famille de l'actinium dans ces fractions, en suivant pendant plusieurs mois l'évolution de l'activité de différents précipités obtenus à partir de ces produits. Nous avons pu aussi obtenir, à partir de ces mêmes fractions, un dépôt actif dont la période de demi-transformation a été trouvée égale à celle du dépôt actif de l'actinium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure des concentrations lors de l'enregistrement photographique des réactions chimiques.* Note de M. **Georges Fouretier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons décrit [1] un dispositif réalisant l'enregistrement photographique continu de la conductibilité électrique ou du pH d'une solution en fonction du volume d'un réactif introduit à vitesse sensiblement constante : le réactif s'écoulait d'un vase de Mariotte et l'on mesurait la pression au sommet du vase par la résistance électrique d'un fil de platine plongeant dans le mercure d'un manomètre; l'appareil enregistreur était le galvanomètre double Saladin-Le Chatelier.

Ayant besoin d'une plus grande précision, j'ai fait construire un galvanomètre enregistreur utilisant le principe bien connu de la plaque montante. Un moteur électrique synchrone, donc à vitesse sensiblement constante, entraîne par l'intermédiaire d'un système mécanique de haute précision un chariot portant un châssis photographique d'un mouvement de translation vertical. Le miroir du galvanomètre donne d'une source ponctuelle une image très fine qui décrit sur la plaque photographique une horizontale quand le galvanomètre dévie.

Par l'intermédiaire de réducteurs de vitesse convenables, le moteur de l'enregistreur fait tourner une vis de précision qui pousse le piston plongeur d'une pompe pleine d'un liquide inerte, placée dans un thermostat. Le

---

(1) Jolibois et Fouretier, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 872 et 1072.

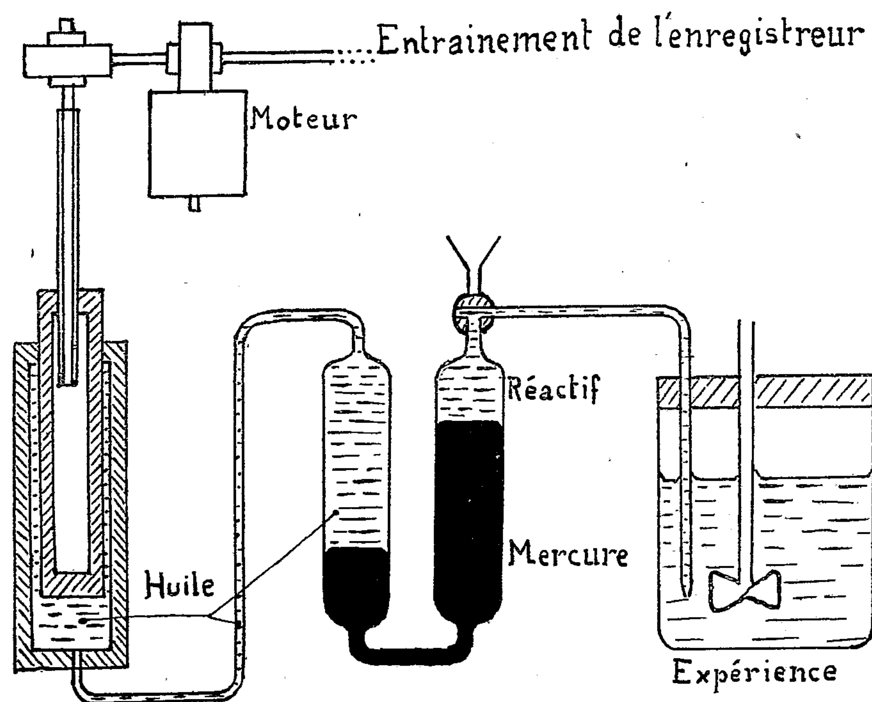

Entrainement de l'enregistreur
Moteur
Réactif
Mercure
Huile
Expérience

Fig. 1.

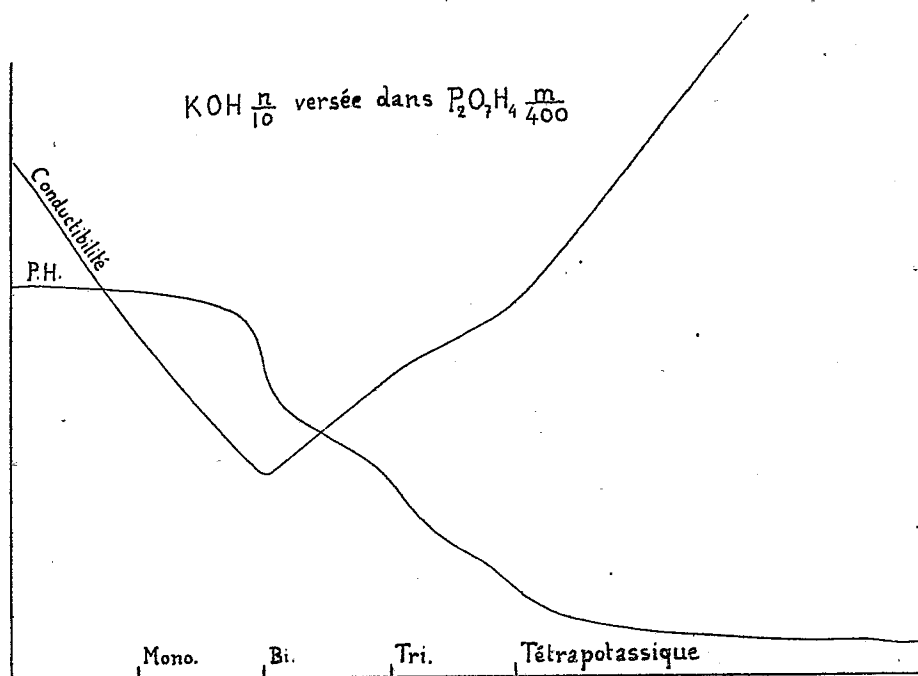

KOH $\frac{n}{10}$ versée dans $P_2O_7H_4$ $\frac{m}{400}$
Conductibilité
P.H.
Mono.
Bi.
Tri.
Tétrapotassique

Fig. 2.

liquide sortant de la pompe chasse d'un tube en U un volume égal du réactif que l'on veut introduire dans le vase où a lieu l'expérience.

Les courbes enregistrées sont très régulières, même aux faibles vitesses ($70^{cm^3}$ introduits en 18 heures), ce qui permet de repérer non seulement les petites discontinuités du phénomène étudié, mais aussi celles de sa dérivée (légers changements de pente de la courbe).

L'enregistreur comporte en réalité deux galvanomètres (galvanomètres Moll, dont le temps d'indication est assez court et le retour au zéro relativement bon), ce qui permet d'inscrire simultanément deux phénomènes sur la même plaque.

A titre d'exemple, j'ai enregistré dans une seule expérience la conductibilité électrique et le pH dans la neutralisation de l'acide pyrophosphorique par la potasse ($70^{cm^3}$ de potasse $n/10$ versés en 18 heures dans $500^{cm^3}$ d'acide pyrophosphorique $m/400$) : aucune différence n'apparaît entre la première et la seconde fonction acide; la troisième et la quatrième sont nettement distinctes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la transformation du pentanitrure de phosphore en mononitrure de phosphore.* Note de MM. **Henri Moureu** et **Paul Rocquet**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons été conduits à admettre (1) que le phospham $PN^2H$ subissait, sous l'action de la chaleur, une décomposition partielle donnant naissance au pentanitrure de phosphore $P^3N^5$. Les expériences que nous présentons apportent une confirmation à l'interprétation précédente; elles montrent en outre que le pentanitrure de phosphore n'est pas le terme ultime de la réaction et que ce composé peut à son tour se dissocier, avec perte d'azote, en conduisant au mononitrure PN.

*Préparation du phospham.* — L'obtention de ce composé étant difficilement praticable lorsqu'on utilise comme matière première le pentachlorure de phosphore, nous avons pensé à mettre en œuvre un autre procédé, basé sur l'action préalable de l'ammoniac liquide sur le bichloronitrure de phosphore $(PNCl^2)^3$. Cette réaction fournit un composé exempt de chlore, auquel Besson et Rosset (2), qui l'ont obtenu en premier

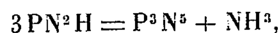
(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1643.

(2) *Comptes rendus*, **146**, 1908, p. 1149; voir aussi H. Moureu et A. Marie de Ficquelmont, *Ibid.*, **198**, 1934, p. 1417.

lieu, attribuent la formule $[PN(NH^2)^2]^3$. En reprenant ces expériences, nous avons effectivement isolé une telle substance : elle présente diverses analogies avec le diimidoamidure $PN^3H^4$, de composition centésimale identique, que nous avons nous-mêmes obtenu comme terme intermédiaire de l'action de l'ammoniac liquide sur le pentachlorure de phosphore (*loc. cit.*).

Ces deux corps se comportent en particulier de la même manière vis-à-vis de la chaleur : par un chauffage d'une centaine d'heures dans le vide, jusqu'à une température limite de 380°, il y a perte d'une molécule de gaz ammoniac et formation dans l'un et l'autre cas de phospham. Ajoutons que la transformation, lorsqu'on l'effectue en partant du bichloronitrure de phosphore, constitue une bonne méthode d'obtention du phospham (analyse : trouvé P, 51,5; N, 45,2; calculé P, 51,6; N, 46,6).

*Le pentanitrure de phosphore* $P^3N^5$. — Lorsque l'on chauffe du phospham dans le vide en élevant progressivement la température au-dessus de 400°, on observe un nouveau dégagement de gaz ammoniac. Si l'on arrête la transformation vers 700°, on ne caractérise plus dans la dernière portion de gaz recueillis que de petites quantités d'ammoniac, le reste du gaz étant de l'azote provenant, comme on le verra plus loin, d'un commencement de dissociation du nitrure $P^3N^5$. Quant à la substance résiduelle, elle se présente sous la forme d'une poudre légère, parfaitement incolore, qui est constituée par du pentanitrure de phosphore $P^3N^5$ très pur (trouvé P, 56,8; N, 42,9; calculé P, 57,06; N, 42,94). La genèse de ce composé résulte de la réaction



$$3PN^2H = P^3N^5 + NH^3,$$

qui constitue un procédé intéressant d'obtention de ce nitrure.

*Le mononitrure de phosphore* PN. — Le nitrure $P^3N^5$ prend une coloration rougeâtre lorsqu'on le chauffe vers 850°; ce fait était attribué à l'apparition d'un peu de phosphore rouge provenant d'une dissociation partielle du nitrure en ses éléments (¹). Une telle explication paraît toutefois insuffisante, puisqu'à cette température le phosphore devrait être entièrement volatilisé. Si l'on tient compte, d'autre part, de la chaleur de formation déterminée expérimentalement pour le nitrure $P^3N^5$ (²), on trouve, par un calcul thermodynamique utilisant la formule de Nernst, que ce composé devrait, dès la température de 500°, présenter une tension

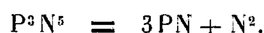
---

(¹) Stock et Grunebebg, *Ber. der chem. Ges.*, 40, 1907, p. 2573.

(²) Stock et Wrede, *Ber. der chem. Ges.*, 40, 1907, p. 2923.

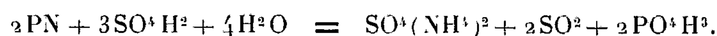
de dissociation voisine de $1^{atm}$, alors que la dissociation ne commence effectivement, même dans le vide, qu'au-dessus de 700°. Il y avait donc là des anomalies que nous nous sommes efforcés d'expliquer.

Dans ce but, nous avons chauffé dans le vide le nitrure $P^3N^5$, et suivi les progrès de la dissociation en recueillant l'azote qui se dégage. Lorsque la réaction est terminée, on constate que le volume d'azote recueilli est de $1^{mol}$ (trouvé 0,97) pour $1^{mol}$ de pentanitrure mis en œuvre, alors que la dissociation totale de ce composé, si elle avait lieu suivant le processus attendu, devrait fournir $2^{mol},5$ d'azote. D'autre part, la réaction est bien complète, car le nitrure initial a entièrement disparu. Par contre, dans les parties froides du tube utilisé, on observe le dépôt d'un composé qui n'est pas du phosphore, mais du mononitrure de phosphore pur PN (trouvé : P 68,95, N 31,2; calculé : P 68,88, N 31,1). La dissociation du nitrure $P^3N^5$ s'effectue donc suivant la réaction



$$P^3N^5 = 3PN + N^2.$$

Comme propriétés intéressantes du mononitrure PN on doit citer, en dehors de sa volatilité, la transformation qu'il subit à chaud sous l'action de l'acide sulfurique concentré; elle conduit finalement à de l'acide phosphorique et à du sulfate d'ammonium suivant l'équation globale



$$2PN + 3SO^4H^2 + 4H^2O = SO^4(NH^4)^2 + 2SO^2 + 2PO^4H^3.$$

Indiquons, en outre, que le nitrure PN se présente sous deux aspects différents (¹), qui paraissent effectivement correspondre à des formes distinctes, isolables toutes les deux : une forme colorée en jaune clair, qui est aussi la plus volatile, est obtenue en dissociant le nitrure $P^3N^5$ dans le vide vers 700°; on obtient une forme de coloration rouge brun lorsque l'on chauffe ce même nitrure au-dessus de 800° dans le vide ou dans un courant de gaz inerte. Nous poursuivons ces études en vue de préciser les rapports de structure qui lient ces formes entre elles.

(¹) Voir aussi MOLDENHAUER et DÖRSAM, *Ber. der chem. Ges.*, 59, 1926, p. 926; RENAUD, *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 692.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la formation de perchromates en solution.* Note de Mme **P. Rumpf**, présentée par M. G. Urbain.

Le corps bleu formé par action de l'eau oxygénée sur un chromate ou un bichromate en milieu acide a fait l'objet d'un nombre considérable de travaux. La fragilité de ce composé a rendu les recherches difficiles, ce qui explique la diversité des formules qui lui furent attribuées. Dans un récent mémoire, R. Schwarz et H. Giese (1), par des méthodes chimiques, ont trouvé qu'il correspondait au peranhydride $CrO^5$. Les mesures physico-chimiques suivantes ont confirmé ce résultat.

La destruction du produit bleu étant très rapide, il fallait pour la suivre une méthode d'observation instantanée. L'étude de l'absorption globale de la lumière par les mélanges de persel bleu formé et de chromate ou de bichromate restant en solution peut être faite suffisamment vite en suivant les déviations du spot d'un galvanomètre relié à une cellule photoélectrique éclairée en lumière blanche. On interpose sur le trajet du faisceau une cuve en verre à faces parallèles, large de $2^{cm}$, contenant le mélange en réaction. A la solution acide de bichromate ou de chromate contenue dans la cuve, on ajoute rapidement l'eau oxygénée. Moins de 10 secondes après l'addition du réactif, on peut déjà suivre les déviations du spot. Des lectures faites toutes les 5 ou 10 secondes ont donné en fonction du temps des points se plaçant sur une courbe approximativement rectiligne. On peut donc admettre que le persel instantanément formé se détruit ensuite régulièrement. L'extrapolation de cette courbe jusqu'à sa rencontre avec l'axe vertical donne l'élongation du spot pour le maximum de concentration du corps bleu. La méthode employée pour établir la constitution de ce complexe est la méthode des variations continues (2).

Pour une même concentration du milieu en ions $H^+$, des solutions de $CrO^4(NH^4)^2$ et $Cr^2O^7K^2$ équivalentes ont donné des résultats identiques; par la suite, $Cr^2O^7K^2$ a seul été employé. Nous avons toujours opéré en milieu acétique de concentration 0,83 *n*/10.

En prenant des solutions équimoléculaires de $Cr^2O^7K^2$ (calculées en $CrO^3$) et de $H^2O^2$, on a pu constater que la « composition maximum » avait toujours lieu pour le rapport moléculaire $CrO^3/H^2O^2 = 1/2$; le corps

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 871-876.

(2) P. Job, *Ann. de Chim.*, 10e série, 9, 1928, p. 113-203.

bleu correspond donc à l'addition de deux atomes d'oxygène à une molécule $CrO^3$.

Nous avons calculé la constante d'équilibre K : si Γ est la concentration de $H^2O^2$, Γ' la concentration de $CrO^3$, $p$ le rapport Γ'/Γ, $x$ le maximum de la courbe obtenue en portant les élongations lues en fonction de la composition centésimale du mélange en $CrO^3$,

$$K = \frac{\Gamma^2[(2p+1)x-1]^3}{(p-1)^2(1-3x)}.$$

Les valeurs suivantes ont été trouvées :

| Γ. | Γ'. | $p$. | $x$. | $K_{20°}$. |
|---|---|---|---|---|
| $0,7 \times \frac{1}{50}$ | $\frac{1}{24} \times \frac{1}{50}$ | 0,058 | 0,50 | $0,40.10^{-4}$ |
| $0,42 \times \frac{1}{50}$ | $\frac{0,42}{8} \times \frac{1}{50}$ | 0,125 | 0,41 | $0,48.10^{-4}$ |
| $0,103 \times \frac{1}{50}$ | $\frac{1}{4,8} \times \frac{1}{50}$ | 2 | 0,325 | $0,42.10^{-4}$ |
| | | | | $K_{moyen} = 0,43.10^{-4}$ |

Le complexe précédent s'obtient en solution acide de pH ≦ 4; si, au contraire, l'on ajoute à une solution non acide de bichromate une solution d'eau oxygénée, on obtient une coloration brune, fugace, insoluble dans les solvants organiques qui dissolvent le corps bleu. La formation de ce deuxième complexe n'est pas instantanée; la courbe représentant les élongations en fonction du temps passe par un maximum plus ou moins rapidement atteint suivant que la concentration en $H^2O^2$ est plus ou moins grande. Nous avons déterminé ce maximum de concentration en composé brun pour chaque mélange $H^2O^2 - Cr^2O^7K^2$, et nous lui avons appliqué la méthode des variations continues. Pour des solutions équimoléculaires en $H^2O^2$ et $CrO^3$, de l'ordre de 0,1 à $1.10^{-2}n$, la « composition maximum » n'est pas constante. Nous avons pensé que peut-être, dans ces solutions neutres, l'eau oxygénée n'agissait pas comme $H^2O^2$, mais comme $(H^2O^2)^2$, comportement qui permet déjà d'expliquer son action en milieu alcalin ($CO^3NaH$), en présence de $SO^4Co$ (¹). En effet des solutions équimoléculaires calculées par rapport à $CrO^3$ et $(H^2O^2)^2$ nous ont donné une composition maximum fixe et égale à 50 pour 100; le composé brun se forme donc par action d'une molécule $(H^2O^2)^2$ sur une molécule $CrO^3$.

(¹) R. Bernard et P. Job, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 186-187.

Dans ce cas, Γ étant cette fois la concentration en $(H^2O^2)^2$, on a

$$K = \frac{\Gamma[(p+1)x-1]^2}{(p-1)(1-2x)}.$$

Les valeurs trouvées sont

| Γ. | Γ'. | p. | x. | $K_{20°}$. |
|---|---|---|---|---|
| 0,5 .$10^{-2}$ | $10^{-2}$ | 2 | 0,41 | 0,146.$10^{-2}$ |
| 0,25.$10^{-2}$ | 0,5 .$10^{-2}$ | 2 | 0,43 | 0,150.$10^{-2}$ |
| $10^{-2}$ | 0,5 .$10^{-2}$ | 0,5 | 0,59 | 0,150.$10^{-2}$ |
| 0,82.$10^{-2}$ | 0,25.$10^{-2}$ | 0,305 | 0,63 | 0,143.$10^{-2}$ |
| 2,63.$10^{-2}$ | 0,5 .$10^{-2}$ | 0,19 | 0,71 | 0,185.$10^{-2}$ |
| | | | | $K_{moyen}$ = 0,154.$10^{-2}$ |

On voit que K reste constant, aux erreurs d'expériences près, pour des valeurs de $p$ très différentes et des concentrations en $CrO^3$ variant de 0,5 à $1.10^{-2}n$ (1).

Dans le composé bleu et dans le composé brun, le chrome paraît être au même état d'oxydation, mais la formation et la destruction des deux corps sont très différentes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de l'action du carbonate de sodium sur le pentoxyde de niobium.* Note (2) de M. **Pierre Süe**, présentée par M. Delépine.

On ne connaissait jusqu'ici comme niobate de sodium anhydre bien défini, que le métaniobate $Nb^2O^5$, $Na^2O$ qui avait été préparé (3) en chauffant du carbonate de sodium avec du pentoxyde de niobium. Joly (4) avait bien mentionné qu'un composé de la forme $Nb^2O^5$, $3Na^2O$ devait se produire, mais ne l'avait pas isolé.

En reprenant cette étude au moyen d'une méthode dynamique, basée

(1) Lorsque la concentration en $CrO^3$ dépasse $1.10^{-2}n$, la valeur de K augmente avec cette concentration et peut même atteindre $1,75.10^{-2}$ pour $\Gamma' = 3.10^{-2}$. Cette variation semble due à la formation d'ions $Cr^2O^{7=}$ qui n'existent pas aux grandes dilutions.

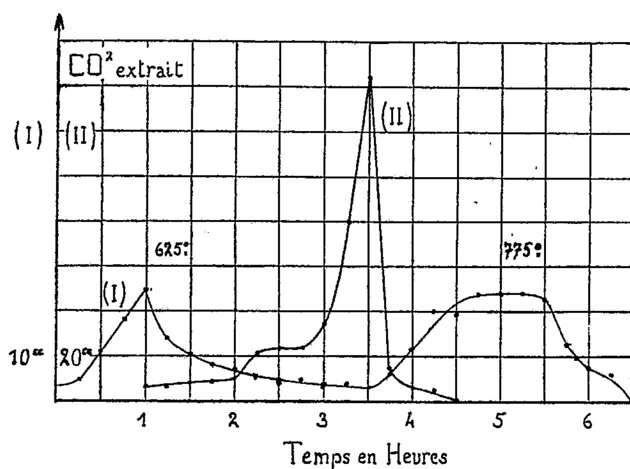
(2) Séance du 30 avril 1934.

(3) Holmqüist, *Z. Kryst. Min.*, **31**, 1899, p. 305; Barth, *Norks Geol. Tidssk*, **8**, 1925, p. 201; Quill, *Z. anorg. Chem.*, **208**, 1932, p. 257.

(4) *Ann. sc. Ecole Normale*, **6**, 1877, p. 164.

sur la mesure des vitesses de dégagement du gaz carbonique prenant naissance au cours de la réaction, il nous a été possible de tirer des renseignements pratiques sur la nature des corps formés, et par suite d'en isoler un nouveau terme.

Dans ce but, des mélanges intimes de pentoxyde de niobium (une molécule) avec des proportions croissantes de carbonate de sodium (une, deux, .... quatre molécules, mélange que nous désignerons en abrégé




par 1-1, 1-2, ...) sont chauffés dans une nacelle en platine. Le vide étant fait dans l'appareil, le chauffage est conduit soit à température constante (1), soit à une succession de températures constantes (2), soit d'une manière régulièrement croissante (3). Le gaz carbonique qui se dégage est extrait au moyen d'une chute à mercure, et le volume recueilli est mesuré à des intervalles de temps réguliers.

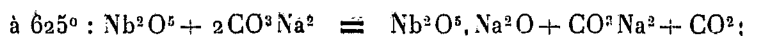
Les résultats obtenus sont les suivants :

*Métaniobate de sodium* $Nb^2O^5.Na^2O$, *soit* $NbO^3Na$. — En opérant avec des mélanges 1-1, 1-2, 1-3 nous avons retrouvé ce composé par les trois procédés d'étude précités. Les courbes de vitesse, obtenues en portant en abscisses les temps de chauffage, et en ordonnées les volumes de gaz, présentent toutes une même inflexion caractéristique. Avec des mélanges 1-1, les quantités d'acide carbonique et de niobate obtenues sont effectivement voisines de $1^{mol}$ (trouvé $CO^2$ : $0^{mol},994$ ; $NbO^5.Na^2O$ : $0^{mol},999$); en outre, la formation de ce composé commence à se produire à 350°.

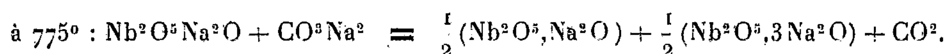
*Niobate de sodium* $Nb^2O^5.3Na^2O$, *soit* $NbO^4Na^3$. — La formation de ce composé se manifeste nettement à l'examen des courbes de vitesse obte-

nues en employant concurremment les procédés d'étude 2 et 3. A 625° la courbe (I) correspondant à un mélange 1-2 montre qu'au bout de 3 heures 30 minutes la vitesse de production du gaz carbonique devient très faible. A ce moment, la quantité de gaz dégagée est seulement de $0^{mol},86$ et l'on peut considérer que la réaction produite est pratiquement terminée. Mais portant alors le système à 775°, on voit la vitesse augmenter brusquement pour s'annuler 3 heures après, ce qui indique qu'une seconde réaction s'est produite. La quantité de gaz carbonique totale trouvée est de $2^{mol},014$ pour $0^{mol},994$ de $Nb^2O^5$ entré en réaction. Le produit final obtenu est une poudre compacte blanche légèrement jaune.

Après reprise par l'eau chaude, nous avons identifié dans la partie insoluble le métaniobate et dans la solution un produit dont la composition répond à la formule : $Nb^2O^5 3Na^2O$ ($Nb^2O^5$ calculé, 58,9 pour 100; trouvé, 58,78 et 58,81; $Na^2O$ calculé, 41,09; trouvé, 40,98, 40,98). Sa densité prise dans le toluène et rapportée à l'eau est $d_4^{21,6} = 3,725$; très hygroscopique, il est peu soluble dans l'eau; l'acide fluorhydrique le dissout; les acides sulfurique et chlorhydrique le décomposent. L'ensemble de ces résultats obtenus avec le mélange 1-2 permet d'interpréter la formation des composés précédents, au moyen des réactions suivantes :



$$\text{à } 625^\circ : Nb^2O^5 + 2CO^3Na^2 = Nb^2O^5, Na^2O + CO^3Na^2 + CO^2;$$



$$\text{à } 775^\circ : Nb^2O^5Na^2O + CO^3Na^2 = \frac{1}{2}(Nb^2O^5, Na^2O) + \frac{1}{2}(Nb^2O^5, 3Na^2O) + CO^2.$$

En utilisant le procédé d'étude 3 les expériences sont plus rapides et les courbes beaucoup plus démonstratives. C'est ainsi que la courbe (II) montre que pour un mélange 1-3 la première inflexion correspond au métaniobate et la seconde au composé $Nb^2O^5, 3Na^2O$. Elle indique, en outre, 700° comme température de début de formation de ce dernier corps. Des essais effectués sur des mélanges 1-4 ont montré qu'il n'est pas possible de fixer plus de $3^{mol}$ d'oxyde alcalin, le composé $Nb^2O^5, 3Na^2O$ précédemment obtenu est donc le sel le plus riche en sodium. Il correspond à l'orthophosphate $PO^4Na^3$. Sa formation répond à la réaction



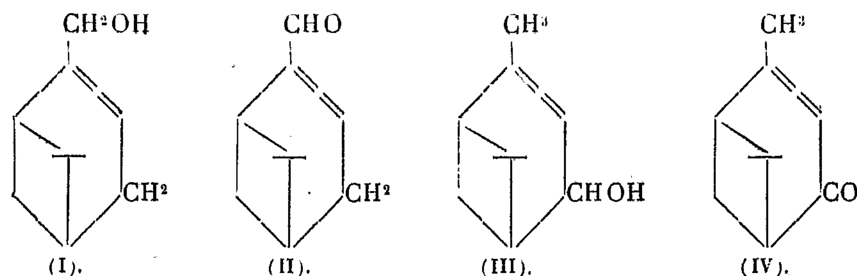
$$Nb^2O^5 + 3CO^3Na^2 = Nb^2O^5, 3Na^2O + 3CO^2.$$

Ajoutons, pour terminer, que l'individualité chimique des sels précédents a été contrôlée au moyen des rayons X : l'un et l'autre composé donnent effectivement un spectre caractéristique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du myrténol et du myrténal.* Note de MM. **G. Dupont**, **W. Zacharewicz** et **R. Dulou**, présentée par M. M. Delépine.

Schwenk et Borgwardt (1) ont indiqué la possibilité d'obtenir, par l'oxydation du pinène à l'aide de l'oxyde de sélénium, de la verbénone.

Dans un travail précédent (2), et particulièrement par la comparaison des spectres Raman du produit obtenu avec celui d'un échantillon de verbénone supposé pur, nous avons cru pouvoir confirmer ce résultat. Une étude plus approfondie nous a conduit à reconnaître que cette conclusion était erronée et que le produit principal de l'oxydation du pinène par le sélénium était un mélange de myrténol (I) et de myrténal (II) et non un mélange de verbénol (III) et de verbénone (IV).




Nous avons reconnu, d'autre part, que notre erreur d'identification (et, sans doute, celle de Schwenk) tenait au fait que la verbénone obtenue, dans certaines conditions, par oxydation du pinène à l'air était elle-même fortement souillée de myrténal.

L'obtention par cette voie du myrténol et du myrténal est remarquable car elle constitue, à notre connaissance, la première synthèse de ces corps dont la variété droite seule existe dans quelques rares essences naturelles.

A 900g de pinène, on ajoute progressivement, en chauffant au bain-marie, une solution de 300g de $SeO^2$ dans 500g d'alcool. On maintient à l'ébullition pendant 4 heures. Après séparation du précipité de sélénium, on entraîne à la vapeur et distille sous vide le résidu. A l'aide d'une solution de bisulfite de sodium, on peut extraire du produit distillé 70g de myrténal et, par rectification du résidu, 142g environ de myrténol

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 1601.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 599.

à côté de 242g de pinène récupéré. En prenant respectivement les pinènes droit, gauche, ou inactif, on obtient les produits actifs ou racémiques correspondants.

*Myrténol.* — Éb. sous 14mm : 106-108°; actif : $d_{20/22} = 0,9779$; $n_D^{20} = 1,4955$; $[\alpha]_D = +44°,11$. Inact. : $d_0 = 0,9849$; $n_D^{20} = 1,4963$. *Éther phtalique acide* : act. fus. 114-115°; $[\alpha]_D = +21°,25$ (alc.). Inact. fus. 120-120°,5.

Par hydrogénation en présence de noir de platine on obtient le *myrtanol* (Éb. 113-114° sous 14mm). L'oxydation chromique transforme le myrténol en *myrténal*.

*Myrténal.* — Éb. sous 15mm : 99-100°; actif : $d_{20/22} = 0,9872$; $n_D^{20} = 1,5030$; $[\alpha]_D = +14°,75$. Inact. : $d_0 = 0,9969$; $n_D^{22} = 1,5036$. *Semicarbazone* : act. fus. 225° (2e variété, f. 216°); inact. fus. 206°. *Oxime* : act. fus. 70,5-71°,5; $[\alpha]_D = +16°,25$; inact. fus. 101°. Par chauffage avec de l'anhydride acétique, cette oxime donne un *nitrile* bouillant à 106° sous 12mm; $d_{20} = 0,9654$; $n_D^{20} = 1,4950$; $[\alpha]_D = +54°,89$. Par saponification de cette oxime dans l'alcool amylique, on obtient l'*acide d-myrténique* $C^{10}H^{14}O^2$; fus. 53-54°.

L'hydrogénation catalytique donne, sur noir de palladium, le *myrtanal* (semicarb. f. 155°) et sur noir de platine le *myrtanol*.

L'oxydation permanganique transforme, avec un excellent rendement, le myrténal en *acide pinique*; acide *d*-pinique, fus. 79-80° (incomplètement purifié); acide *i*-pinique, fus. 101-102°,5.

Ces résultats permettent d'identifier complètement le produit actif obtenu avec le *d*-myrténal [1] et de le distinguer de la verbénone.

*Verbénone.* — Nous avons obtenu de la verbénone pure en agitant 408g de *d*-pinène dans une atmosphère d'oxygène en présence d'abiétate de cobalt ajouté progressivement dès que la vitesse d'oxydation s'abaissait. Nous avons pu ainsi fixer 35l d'oxygène en 24 heures et retirer du produit obtenu, par distillation puis action du bisulfite de sodium, 24g de *d*-verbénone ayant, après rectification, les caractéristiques suivantes : $d_0 = 0,9876$; $n_D^{21} = 1,4952$; $[\alpha]_D = +237°,40$. *Hydroxylamine-oxime*, f. 163°; *semicarbazone*, f. 206-207°; $[\alpha]_D = +77°,6$. L'oxydation permanganique la transforme en *acide d-pinononique*, F. 130-131° (l'analyse acidimétrique donne M = 169,2 : calc. 170).

*Spectres Raman.* — La différenciation complète des produits peut se faire par l'étude de leurs spectres Raman. Nous indiquons les raies principales de ceux-ci. Les fréquences sont exprimées en nombre d'ondes par centimètre et l'intensité est donnée entre parenthèses : *n*, *f*, *b*, indiquent respectivement les raies nettes, floues ou les bandes.

---

(1) Voir Semmler et Bartelt, *Ber.*, 40, 1907, p. 1363; Rupe et Héritier, *Ann.*, 459, 1927, p. 171.

*Myrténol* : 258 (f. 4), 464 (an. 3), 499 (an. 3), 600-626 (b. 3), 656 (an. 4), 684 (an. 5), 782-789 (b. 4), 821 (n. 4), 845 (n. 8), 884 (an. 3), 806 (an. 3), 930-962 (b. 6), 1025 (an. 4), 1063 (an. 4), 1085 (n. 6), 1120-1129 (b. 4), 1153-67 (b. 3), 1184 (an. 5) 1201 (an. 5), 1225 (an. 5), 1264 (n. 6), 1305 (an. 3), 1330 (an. 3), 1434 (an. 12), 1451 (an. 10), 1469 (f. 5), 1656-71 (f. 8).

*Myrténal* : 102-118 (f. 5), 168-175 (f. 3), 268 (n. 5), 374 (n. 3), 389 (n. 2), 411 (n. 5), 441 (n. 5), 460 (n. 3), 568 (n. 3), 592 (n. 5), 631 (n. 4), 695 (n. 4), 777 (n. 3), 840 (n. 6), 885 (n. 3), 906 (n. 3), 933 (n. 3), 945 (n. 3), 963 (n. 6), 1001 (f. 3), 1042 (n. 3), 1083 (n. 6), 1126 (n. 6), 1172 (n. 8), 1217 (n. 3), 1263 (n. 3), 1299 (n. 3), 1386 (f. 3), 1418 (n. 15), 1616 (an. 25), 1677 (f. 25).

*Verbénone* : 117-134 (b. 4), 251 (f. 3), 294 (f. 3), 350 (n. 4), 550 (n. 10), 570 (n. 5), 623 (n. 12), 746 (n. 2), 758 (n. 2), 893 (n. 3), 907 (n. 3), 945 (f. 3), 978 (n. 5), 1037 (f. 3), 1092 (n. 8), 1131 (n. 3), 1242 (n. 5), 1273-93 (b. 3), 1340 (n. 3), 1379 (n. 8), 1439 (n. 4), 1457 (f. 3), 1619 (an. 10), 1679 (f. 15).

Les raies des doubles liaisons sont sensiblement les mêmes dans le myrténal et dans la verbénone mais de grosses différences apparaissent dans le reste du spectre. Une verbénone, retirée d'une essence grasse obtenue par oxydation lente à l'air, nous a donné un spectre Raman dans lequel, à côté des raies de la verbénone proprement dite, on trouve toutes les raies principales du myrténal. Il semble donc bien que ce produit se forme à côté de la verbénone par oxydation directe à l'air du pinène dans certaines conditions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du bromure d'éthylmagnésium sur la bis-diéthylamide sébacique.* Note de M^lle **Vera Paraskova**, présentée par M. Delépine.

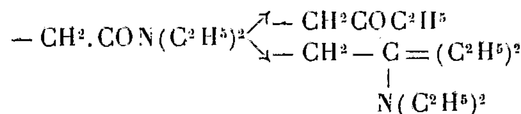
L'étude des condensations de dérivés organomagnésiens avec les diamides grasses a porté jusqu'ici sur les N-tétraéthyldiamides correspondant aux premiers termes de la série des diacides; elle a conduit à des résultats nettement différents suivant la diamide considérée. Il nous a paru intéressant d'étendre cette étude à une diamide, dont les deux fonctions soient séparées par un assez grand nombre d'atomes de carbone : la bis-diéthylamide sébacique $(C^2H^5)^2NCO(CH^2)^8CON(C^2H^5)^2$.

Tandis que, pour les bis-diéthylamides oxalique [1] et succinique [2], la réaction du bromure d'éthylmagnésium porte presque exclusivement sur une seule fonction amide, les deux fonctions de la bis-diéthylamide

(1) Barré, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1051.

(2) Huan Shu Yin, *Comptes rendus*, 188, 1929; p. 1174.

sébacique possèdent la même réactivité vis-à-vis du dérivé organomagnésien; chacune d'elles est susceptible de se transformer, soit en fonction cétone, soit en groupement amine tertiaire et les nombreux produits formés dans la condensation correspondent à toutes les combinaisons possibles suivant qu'une seule ou les deux fonctions amide donnent naissance à l'une ou l'autre de ces deux réactions :

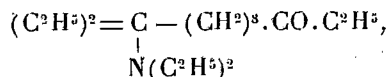


Lorsque la condensation est réalisée en présence d'un grand excès de réactif de Grignard, la diamide étant introduite brutalement dans l'éther bouillant, on arrive, après un chauffage prolongé, à une réaction complète de la diamide; le rendement d'une telle condensation est environ 50 pour 100 en produits neutres et 50 pour 100 en produits basiques.

Le 1.8-dipropionyloctane : $C^2H^5.CO.(CH^2)^8.CO.C^2H^5$ forme la majeure partie des produits neutres; cette dicétone se présente en lamelles brillantes fondant à 78° et bouillant à 281° sous 14$^{mm}$, très solubles à froid dans le benzène, moins solubles dans l'alcool et l'éther; elle fournit une disemicarbazone F. 186-187° et une dioxime F. 105-106°.

En quantité relativement faible par rapport à la dicétone, on isole la diéthylamide ω-propionylpélargonique : $C^2H^5.CO.(CH^2)^8.CO.N(C^2H^5)^2$ correspondant à la transformation en cétone d'une seule fonction amide. C'est un liquide bouillant à 216-218° sous 15$^{mm}$, se solidifiant à ·18°. Par hydratation bromhydrique, il est transformé en acide ω-propionylpélargonique F. 72°, donnant une semicarbazone F. 169°; le ω-propionylpélargonate d'étyle bout à 175-176° sous 13$^{mm}$ et sa semicarbazone fond à 81-82°.

Les produits basiques formés au cours de la condensation magnésienne constituent un mélange liquide dont on a pu séparer, par rectifications répétées, une huile bouillant à 209°-212° sous 12$^{mm}$, fournissant quantitativement une semicarbazone F. 98°-99°. C'est la diéthylamino-3 éthyl-3 tétradécanone-12 :

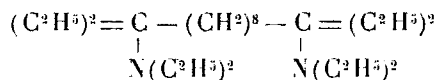


correspondant à la transformation en cétone d'une des fonctions de la diamide, tandis que l'autre passe à l'état d'amide tertiaire. Par ébullition

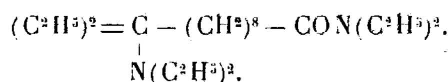
avec l'anhydride acétique cette aminocétone est dédoublée en diéthylamine (fixée par l'anhydride acétique) et en cétone éthylénique bouillant à 173°-174°, sous 16mm.

Après cette aminocétone, nous avons isolé une fraction très visqueuse bouillant de 228° à 234°, sous 8mm qui, d'après l'analyse et l'hydratation bromhydrique, est composée de deux produits basiques, prenant naissance par la transformation en amine tertiaire des deux ou d'une seule fonction de la diamide initiale. On a ainsi :

le bis-diéthylamino-3-12 diéthyl-3-12 tétradécane



et la diéthylamide de l'éthyl-10 diéthylamino-10 dodécanoïque



La constitution de ces bases est établie par l'action de l'anhydride acétique qui conduit, par élimination de tous les groupements amine tertiaire, à un mélange de carbure diéthylénique (Éb. 172-173° sous 15mm) et de diéthylamide éthylénique (Éb. 210-211° sous 14mm) séparables par distillation fractionnée.

Ces divers résultats montrent que la bis-diéthylamide sébacique se comporte, vis-à-vis du bromure d'éthylmagnésium, d'une façon analogue à la bis-diéthylamide glutarique [1] qui cependant ne fournit pas de produit diaminé.

Ajoutons en terminant que la condensation du bromure d'éthylmagnésium avec la diamide sébacique est accompagnée d'un important dégagement gazeux qui correspond sensiblement à 2mol d'éthane pour 1mol de diamide. Il semble donc que, dans ce cas, on puisse admettre l'énolisation (mise en évidence par le réactif magnésien) des deux fonctions de la bis-diéthylamide sébacique, énolisation proposée par Mlle Montagne [2] pour les monoamides N-dialcoylées grasses et retrouvée [3] par M. Huan Shu Yin pour la bis-diéthylamide succinique.

---

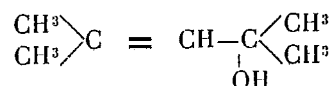
(1) E. Blaise, *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 423; E. Blaise et M. Montagne, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1345.

(2) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1929, p. 7; *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1111.

(3) *Thèse de l'Université de Paris*, 1930, p. 19, 42 et 66.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une réaction anormale de l'acide hypochloreux sur le diméthylpenténol.* Note de M[lle] **M. Veiler**, présentée par M. Delépine.

En faisant agir l'acide hypochloreux préparé suivant la technique de Baeyer-Lauch-Bamberger (chlorure de chaux et acide borique) sur le diméthylpenténol



dans le but d'obtenir la chlorhydrine de la tétraméthylglycérine



MM. Pastureau et Bernard (¹) obtinrent un produit cristallisé, très différent de la chlorhydrine attendue.

L'étude de cette réaction a été reprise dernièrement et a donné les résultats exposés ci-après :

Tandis que l'acide hypochloreux (technique Baeyer) donne un produit anormal, celui obtenu par la technique Detœuf (chlorurée) donne la chlorhydrine de la tétraméthylglycérine (²).

La réaction se fait sans difficulté dans un flacon placé sur une machine à agiter. Après la réaction, les produits sont extraits à l'éther. L'élimination de l'éther laisse un liquide qui ne tarde pas à donner une abondante cristallisation. Les cristaux sont séparés du liquide et recristallisés dans le benzène.

Le produit cristallisé est insoluble dans l'eau, soluble dans l'éther, l'alcool, le benzène et se sublime très facilement. P. F. en tube fermé : 132°. L'analyse conduit à la formule $C^7H^{15}O^4Cl$ : C pour 100 trouvé, 42,8; calculé, 42,31. H pour 100 trouvé, 7,3; calculé, 7,55. Cl pour 100 trouvé, 18,1; calculé, 17,88. — La grandeur moléculaire déterminée par cryoscopie dans l'acide acétique est de 196, le poids moléculaire théorique étant 198,5

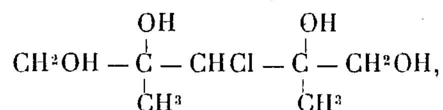
Le chlore se sépare assez facilement de la molécule par saponification à

(¹) *Bull. Soc. ch. de France*, 4ᵉ série, 33, 1923, p. 1451.

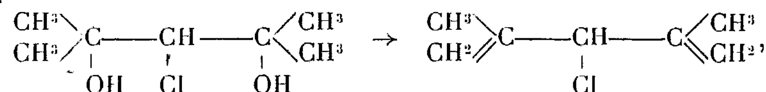
(²) Bader, *Thèse doct. Ph.*, Nancy, 1926.

l'aide d'une solution de carbonate de potassium. Après évaporation à sec dans le vide, on reprend par l'alcool absolu bouillant et l'on obtient après plusieurs reprises un corps cristallisé, exempt de chlore, qui est actuellement à l'étude.

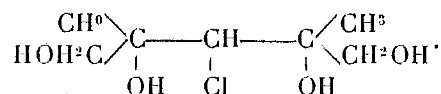
La formule la plus rationnelle du produit chloré cristallisé semble être la suivante :



et la réaction de sa formation pourrait s'expliquer ainsi : L'acide hypochloreux Baeyer se fixe bien sur la double liaison du diméthylpentenol pour donner la chlorhydrine de la tétraméthylglycérine, mais il y aurait une double déshydratation et formation d'un dérivé chloré deux fois non saturé :

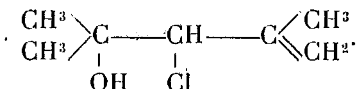


puis, sous l'action oxydante du mélange hypochloreux, deux oxhydriles se fixeraient sur chacune des doubles liaisons pour donner



Le corps chloré, deux fois non saturé, a été recherché dans le liquide séparé des cristaux de $C^7H^{15}O^4Cl$. Le liquide a été entraîné à la vapeur d'eau; un dosage de chlore sur ce produit brut a donné un chiffre assez voisin de 27 pour 100, qui est le chiffre théorique pour le chloré deux fois non saturé.

On a ensuite fractionné ce liquide dans le vide et obtenu, après trois tours de fractionnement, une portion bouillant à 47°, sous $10^{mm}$, qui n'est pas le dérivé chloré deux fois non saturé, mais le produit de déshydratation de la chlorhydrine de la tétraméthylglycérine, par perte d'une seule molécule d'eau,



Cl pour 100 trouvé, 23,28; calculé, 23,9; indice de réfraction, 1,464; $D = 1,0258$; $R. M_D = 39,948$; $R. M_D$ calculée $= 40,396$.

HYDROGÉOLOGIE. — *La minéralisation des eaux thermales d'Aix-les-Bains (Savoie) et sa signification géologique.* Note de MM. **A. Lepape**, **L. Moret** et **G. Schneider**, présentée par M. de Launay.

Dans une Note antérieure, deux d'entre nous (L. M. et G. S.) [1] ont formulé une *hypothèse nouvelle sur l'origine* des célèbres sources d'Aix-les-Bains. Les eaux qui alimentent ces sources viendraient du Nord (bordure du bassin mollassique et chaînons jurassiens), et leur minéralisation serait due surtout aux marno-calcaires siliceux et pyriteux de l'Hauterivien.

En tout état de cause, cette minéralisation ne peut être attribuée aux formations lagunaires et salifères (gypse, dolomies) du Trias, comme cela avait été suggéré par W. Kilian.

La *résistivité* des eaux d'Aix est de l'ordre de 1500 ohms, celle des sources triasiques alpines de quelques dizaines ou de quelques centaines d'ohms. La *minéralisation* des premières est pondéralement faible : $0^g,3$ environ d'extrait sec par litre; la minéralisation des secondes est, au contraire, caractérisée par plusieurs grammes d'extrait sec par litre.

Pour les sources d'Aix, la concentration en halogènes de l'extrait sec est de l'ordre de 4 pour 100, très inférieure à celle des sources triasiques alpines : 20 pour 100 à Allevard et à Saint-Gervais, 40 pour 100 à Uriage et près de 50 pour 100 à Salins-Moutiers. Le fluor, le brome et l'iode, fréquents dans les eaux triasiques, n'ont d'ailleurs pas été reconnus dans les eaux d'Aix. Par tous leurs caractères, celles-ci se rapprochent plutôt des sources de la Caille et de Bromines, plus septentrionales, et échelonnées le long de l'axe Salève-La Balme-Lovagny, dont les eaux sont également minéralisées par le Crétacé et sont différentes des sources triasiques.

Les recherches anciennes de Moureu et Lepape, puis celles, plus récentes, de Moureu, Lepape et Geslin sur les *gaz spontanés de diverses sources alpines*, en permettant de comparer les valeurs du rapport hélium/argon pour les sources d'Aix et pour les sources triasiques des Alpes, sont venues confirmer l'hypothèse nouvelle énoncée ci-dessus sur l'origine de ces sources.

Dans le tableau suivant ont été rassemblées les données dont il s'agit : proportions d'hélium et proportions d'argon dans les gaz spontanés, valeurs du rapport He/Ar et valeurs de ce rapport lorsqu'on prend pour unité la

---

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1734.

valeur du même rapport pour l'air atmosphérique. Ce dernier nombre définit la *richesse en hélium* d'un gaz naturel par rapport à l'air.

Les sources sont classées suivant l'ordre décroissant des valeurs du rapport He/Ar :

*Hélium et argon des gaz spontanés des sources des Alpes* [1].

| Sources. | Pour 100 des gaz spontanés. Hélium. | Argon. | $\frac{He}{Ar}$. | $\frac{He/Ar\ (source)}{He/Ar\ (air)}$. |
|---|---|---|---|---|
| 1. Saint-Gervais (source Sulfureuse)... | 2,91 | 0,93 | 3,11 | 5380 |
| 2. Allevard.......................... | 1,026 | 0,876 | 1,17 | 2020 |
| 3. Brides............................ | 0,761 | 0,684 | 1,11 | 1915 |
| 4. Uriage............................ | 0,932 | 0,938 | 0,99 | 1716 |
| 5. L'Echaillon....................... | 0,513 | 0,914 | 0,56 | 966 |
| 6. La Léchère........................ | 0,612 | 1,16 | 0,525 | 907 |
| 7. Salins-Moutiers (Grande Source).... | 0,214 | 0,439 | 0,48 | 836 |
| 8. Aix-les-Bains (source Alun)........ | 0,037 | 1,153 | 0,032 | 55 |
| 9. Aix-les-Bains (source Soufre)....... | 0,03 | 1,18 | 0,025 | 44 |

Pour les sept premières sources, dont l'origine triasique non douteuse résulte de considérations géologiques et de la nature de la minéralisation, la richesse en hélium (par rapport à l'air) des gaz spontanés est comprise entre 836 et 5380. Pour les deux sources d'Aix-les-Bains, cette richesse en hélium s'exprime par les nombres 55 et 44. Les gaz spontanés d'Aix sont donc 15 fois moins riches en hélium que le moins riche des gaz spontanés des sources triasiques des Alpes. Cette énorme différence nous paraît devoir *exclure toute hypothèse suivant laquelle les sources thermales d'Aix-les-Bains devraient acquérir leur minéralisation dans les terrains triasiques*.

Ainsi donc se trouve établi, par ces recherches, un *indice caractéristique* extrêmement sensible, celui de la *richesse relative en hélium* d'une source donnée. Désormais la considération de cet indice devra toujours entrer en ligne de compte lorsque l'on cherchera à résoudre le problème géologique de l'origine des sources thermominérales.

---

[1] Ch. Moureu, *Journal de Chimie physique*, 11, 1913, p. 63; Ch. Moureu, A. Lepape et M. Geslin. *Annales Inst. Hydrol. et Climat.*, 7, 1930, p. 1; A. Lepape et M. Geslin, *Recherches inédites.*

GÉOLOGIE. — *Inscription marégraphique des cycles de rétrogradation des nœuds de la Lune par certains coraux constructeurs de récifs.* Note [1] de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Ch. Jacob.

Mes observations essentielles ont été faites dans l'anse étroite et retirée de Bich-Dam (île Tré, côte d'Annam), que dominent des escarpements élevés, à l'abri desquels règne le calme nécessaire à tout enregistrement marégraphique. Il existe là une colonie d'Astraeidé, du genre *Favia*, qui offre, inscrits par son squelette, six cycles lunaires, représentant un total d'environ 112 années. Plusieurs autres attestent des enregistrements moins nombreux, mais aussi nets. J'en figure ici un, très simple, pour analyser sa genèse.

Le cycle marégraphique de 18 ans 2/3, lié au phénomène de la rétrogradation des nœuds de la Lune, comporte un maximum au cours duquel les marées atteignent leurs dénivellations extrêmes et un minimum pendant lequel, au contraire, les oscillations de la mer s'atténuent et tendent à se rapprocher d'un niveau moyen.

On constate que cette dernière période favorise la croissance en hauteur des coraux, tandis que la première l'arrête à un niveau très sensiblement inférieur.

La répétition régulière de ces phénomènes se traduit dans l'architecture de la colonie par une série de formations calcaires mortifiées, saillantes, concentriques, distinctes, dont la plus centrale est la plus ancienne.

Chacun de ces bourrelets circulaires de calcaires corallien mort correspond à un cycle marégraphique de 18 années et son épaisseur mesure une vingtaine de centimètres, en moyenne.

La figure, exécutée d'après un document photographique daté de 1933, met en évidence deux cycles complets (*A* et *B*) et l'amorce d'un troisième (*C*) qui commence à s'établir. Le début de ce dernier cycle, à en juger par sa très faible épaisseur, remonte à l'année 1931 ou 1932. Or, on sait précisément que le dernier cycle marégraphique de 18 ans atteignait son maximum en 1932. L'amorce du troisième cycle *C* étant ainsi toute récente, le dernier élément périphérique complètement achevé *B* s'est édifié entre les années 1913-1914 et les années 1931-1932; l'élément central *A*, entre les années 1895-1896 et les années 1913-1914.

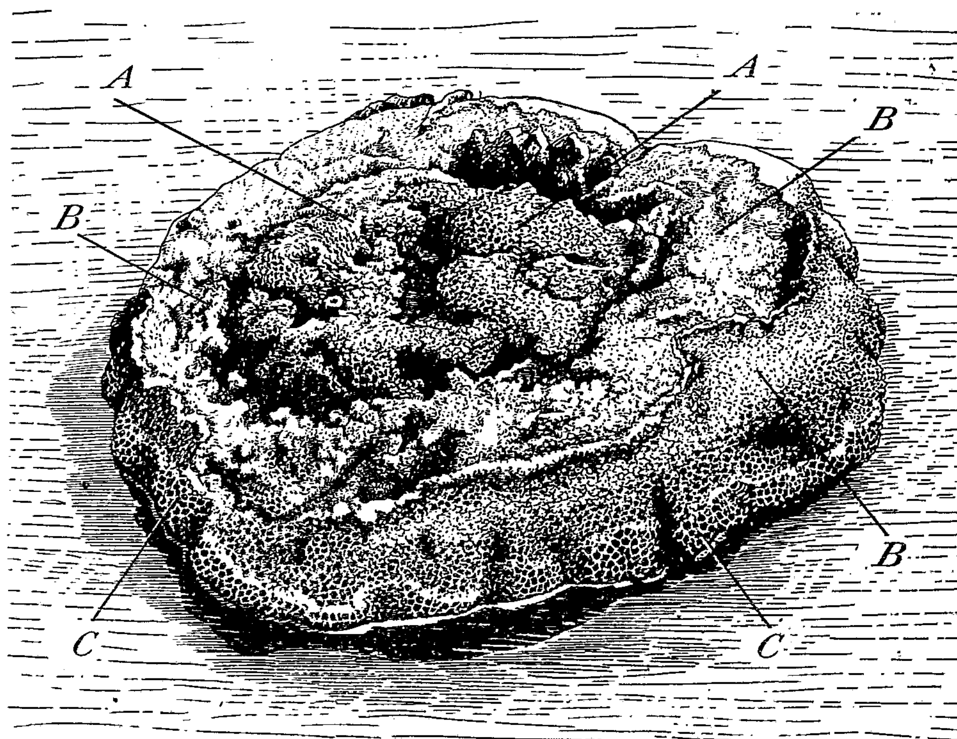
J'ajoute que, si, pour des raisons purement locales, les cycles centraux viennent à avorter et que seuls arrivent à se développer un ou deux cycles périphériques, il prend alors naissance une structure qui simule une formation corallienne fort curieuse,

---

[1] **Séance du** 30 avril 1934.

d'origine toute différente, que j'ai désignée sous le nom de *micro-atoll* et dont j'ai déjà indiqué la genèse [1].

Les formations que je viens de faire connaître et d'interpréter se prêtent particulièrement à la fossilisation. Les géologues et les paléontologistes les retrouveront peut-être dans le passé, jusqu'aux époques reculées, où les Coralliaires ont commencé à se développer en abondance.




Cette découverte dépasserait alors le cadre de la paléontologie et de la géologie, en fournissant aux astronomes une inscription marégraphique fossile qui, au surplus, peut être, en quelque sorte, chronométrée et leur permettrait de déterminer la durée du cycle de rétrogradation des nœuds de la lune en remontant dans le passé.

Le chronométrage de ces documents fossiles se trouve réalisé non seulement par la puissance de la couche calcaire déposée pendant la révolution de chaque cycle maré-

(1) *Travaux du Service océanographique de l'Indochine*, 2e Mémoire, Saïgon, 1927, p. 13 et suiv.

graphique, mais encore par un trait de sa structure morphologique qui constitue un précieux élément d'information pour l'enregistrement de la marche du temps. Je veux parler de la succession rythmique des planchers. Ce dispositif, admirablement respecté par la fossilisation et bien connu des paléontologistes dans le groupe des Coralliaires, est en rapport chez l'animal vivant avec les périodes d'activité sexuelle. Dans le cas des Hexacoralliaires que j'ai étudiés moi-même (Astraeidés du genre *Favia*), aux trois poussées que j'ai observées dans le cours d'une année correspondait, liée par un mécanisme cytologique simple, l'édification de trois planchers.

La considération du développement des planchers, jointe à celle de l'épaisseur des anneaux successifs dans une colonie de Coralliaires, met sur la voie du chronométrage indiqué.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *De quelques caractéristiques physicochimiques des eaux de la baie de Villefranche*. Note de M. **Paul Chauchard**, présentée par M. Mangin.

Au cours d'un séjour au Laboratoire de Villefranche-sur-Mer, en décembre 1933, j'ai pu commencer sur les eaux de la baie une étude comparable à celle que je poursuis depuis plusieurs années au Laboratoire de Saint-Servan [1]. La baie de Villefranche, cette vaste rade ouverte vers le large, dont le fond s'abaisse rapidement jusque vers $100^m$, au-devant de laquelle s'avancent les isobathes des profondeurs plus grandes, ce qui permet par le jeu des vents et le mécanisme complexe des courants, la remontée et le rejet à la côte d'organismes pélagiques, rares ailleurs, constitue un milieu océanographique intéressant, encore peu étudié au point de vue physicochimique. En 1924, Moràvek a pris quelques mesures de salinité et de concentration en ion H en divers points de la baie. J'ai retrouvé des résultats analogues en ce qui concerne la salinité, mais je me suis plus spécialement attaché à l'étude des teneurs en matières organiques dissoutes et en oxygène dissous.

La teneur d'une eau de mer en matières organiques dissoutes est évaluée par le nombre de centimètres cubes d'une solution centinormale de permanganate de potasse réduits en milieu alcalin à 100° pendant 10 minutes par 1 litre de cette eau (pouvoir réducteur de l'eau de mer). On n'a pas ainsi une appréciation quantitative, mais une échelle de coefficients amplement

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1256, et *Bull. du Labo. de Saint-Servan*, fasc. IX, 1932, p. 6.

suffisante aux besoins de l'Océanographie pratique qui demande non des chiffres absolus, mais des chiffres comparables.

L'oxygène dissous a été fixé à l'aide de sulfate ferreux, le dosage final au permanganate s'opérant en présence de sulfate de manganèse en solution sulfurique et phosphorique, méthode que j'ai appliquée à l'eau de mer.

1° Dans une première série de mesures j'ai étudié la variation de ces deux facteurs en un point donné : devant le Laboratoire. Le pouvoir réducteur et l'oxygène dissous se sont montrés assez stables et variants sous l'influence de causes définies. Les valeurs obtenues sont voisines de celles que j'ai trouvées à Saint-Servan; les pouvoirs réducteurs sont en moyenne un peu plus faibles.

Tout d'abord des prises, faites chaque jour vers 10h, m'ont permis de retrouver à Villefranche une relation entre le pouvoir réducteur et l'oxygène dissous d'une part, les conditions météorologiques de l'autre. Sous l'influence de l'agitation de l'eau et des vases par un fort vent d'Est, l'oxygène perdit sa sursaturation, les matières organiques augmentèrent. Avec le retour du calme, on revint à des valeurs normales :

| | Oxygène | | | |
|---|---|---|---|---|
| Date. | milligr. par litre. | saturation pour 100. | Pouvoir réducteur. | Observations. |
| 24 décembre ........ | 8,77 | 105 | 8 | |
| 26 » ........ | 8,60 | 103 | 12 | Fort vent d'E., vagues |
| 27 » ........ | 8,68 | 104 | 14 | » |
| 29 » ........ | 8,35 | 100 | 9 | |
| 30 » ........ | 8,77 | 105 | 8 | |

En second lieu, au cours d'une même journée, sous l'influence de la photosynthèse, la teneur en oxygène dissous croît jusqu'à la chute du jour, où elle atteint par exemple $9^{mg},4$ par litre (112 pour 100 de saturation), pour redescendre lentement jusqu'au matin (8,4 à peu près saturé). Le pouvoir réducteur subit des variations plus irrégulières : il s'est montré maximum vers $7^h$ et vers $16^h$ (13 à $6^h30^m$, 9 à $10^h30^m$, 14 à $16^h30^m$, 8 à $18^h$, le 25 décembre). Ces changements sont en rapport, et avec la production de matières organiques par les algues pendant la journée, et avec la direction des courants qui amènent une eau plus ou moins pure. Signalons que l'eau des canalisations de la station ressemble à l'eau de la baie tant pour le pouvoir réducteur que pour l'oxygène dissous : elle n'est en effet souillée par aucun métal oxydable.

2° Sur la côte opposée au Laboratoire, dans la partie est du fond de la

baie et à son centre, on trouve des résultats tout à fait comparables aux précédents. La courbe de variation du pouvoir réducteur, sous l'influence de la tempête au milieu de la baie, est seulement décalée (augmentation et diminution plus tardives).

La zone de la baie située devant la ville et le port de Villefranche a une teneur en oxygène normale, mais, bien que l'eau y garde à peu près la même transparence, les nombreux apports de matière organique y causent un pouvoir réducteur élevé (30 à 40). Vers l'entrée de la baie, l'oxygène dissous est très constant (8,5 à 8,6); le pouvoir réducteur, en général plus faible (7 à 9), y présente des variations en rapport avec les courants. C'est dans cette région que s'est montrée tout d'abord, mais de façon très passagère, l'influence de l'agitation.

3° Quelques prises en profondeur purent être effectuées à l'aide de la bouteille Richard. Faites à un moment où l'eau était encore agitée, elles montrent pour le pouvoir réducteur une augmentation jusque vers $25^m$, une diminution ensuite (surface 9, à $25^m$, 23, à $50^m$, 14), l'oxygène dissous étant peu variable. Ces résultats traduisent sans doute la répercussion en profondeur des troubles dus à la tempête. Ils demandent à être repris et en temps calme et en été, où les différences de température sont considérables.

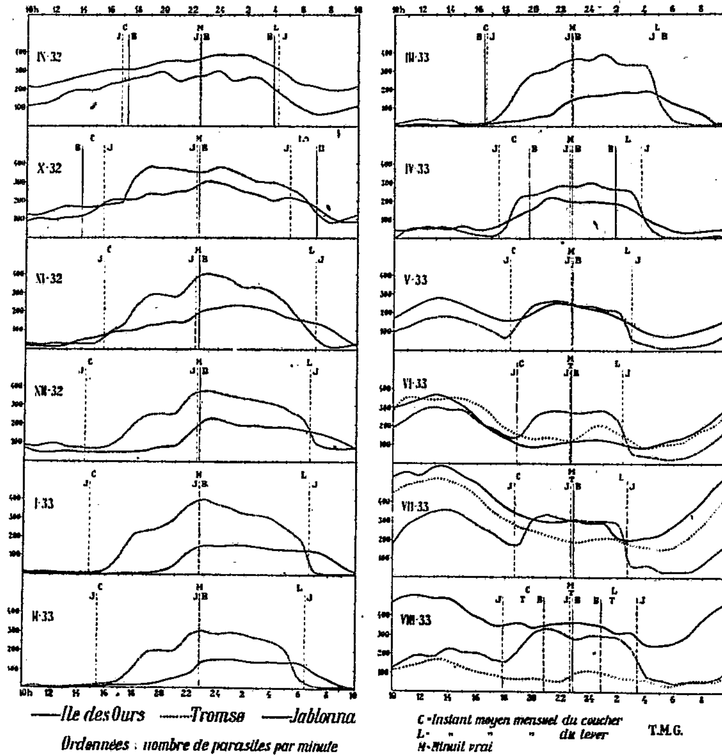
J'ai pu ainsi esquisser les facteurs de répartition et de variation de l'oxygène dissous et des matières organiques dissoutes dans les eaux de la baie de Villefranche : pour l'oxygène, la photosynthèse et l'agitation; pour les matières organiques, la proximité de leurs sources (végétaux marins, apports terrigènes, vases littorales) ou leur dissémination par les courants et les vagues. La méthode rapide d'estimation des matières organiques par leur pouvoir réducteur m'a donné des résultats comparables en Manche, dans l'Océan et en Méditerranée; c'est une méthode générale qui permet de chiffrer un des grands facteurs de la répartition des organismes marins, la teneur d'une eau de mer en matériel nutritif dissous.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Les parasites atmosphériques polaires.* Note [1] de M. **Jean Lugeon**, présentée par M. Ch. Maurain.

J'ai fait dessiner par C. Centkiewicz les courbes journalières moyennes mensuelles des parasites enregistrés pendant l'année polaire à l'Ile des

[1] Séance du 30 avril 1934.

Ours, Tromsö et Jablonna (Pologne). Le régime des parasites polaires et celui des latitudes méridionales ne diffèrent entre eux que par l'éclairement du globe, c'est-à-dire que le jour et la nuit polaires influencent la propagation exactement comme le jour et la nuit, en Europe centrale. Toutefois, il faut remarquer, en vue des interprétations suivantes, qu'au niveau de l'ionosphère, à $100^{km}$ d'altitude, la nuit polaire n'est jamais complète à l'Ile




des Ours. Au solstice d'hiver, les rayons rasants du Soleil y descendent à midi vrai jusqu'à l'altitude de $54^{km}$. Constatons, aussi, que la durée du jour polaire est de 5 mois, à $100^{km}$ (4 avril au 9 septembre) et seulement de 3 mois au niveau du sol (5 mai au 9 août). Les longs crépuscules qui en résultent, se retrouvent corrélativement sur les courbes et justifient ma théorie du sondage de l'atmosphère au passage des anneaux crépusculaires.

*Régime journalier.* — Appelons D l'amplitude maximum des parasites diurnes, et N celle des parasites nocturnes, dont l'origine est bien connue en Europe. D est dû, en été, à des perturbations orageuses proches, en hiver, à la turbulence. N est toute l'année le témoin des orages très lointains,

dont la latitude suit la déclinaison du Soleil. Les courbes de Jablonna et de l'Ile des Ours donnent : $D/N < 1$, en avril, mai, septembre et octobre; $D/N = 0$, de novembre à mars. Par contre, il y a discordance pendant le jour polaire de juin à août ; à Jablonna, $D/N > 1$, à l'Ile des Ours, N disparaît complètement. Les lois fondamentales de la propagation des parasites se retrouvent ainsi dans le cercle polaire : grande portée de nuit, faible de jour, avec augmentation progressive après le coucher (début de la nuit polaire) et diminution rapide au lever du Soleil (début du jour polaire).

*Portées.* — Pendant une grande partie de l'année, les courbes de Jablonna et de l'Ile des Ours sont dissemblables, ce qui prouve, abstraction faite des effets crépusculaires de propagation, que la portée est souvent inférieure à la moitié de la distance de $2460^{km}$ qui sépare ces postes. Les maxima diurnes estivaux sont plus intenses dans le cercle polaire qu'en Europe, quoiqu'il n'y ait pas d'orages dans le Nord. Ce fait inattendu s'explique par la quasi-permanence, pendant le jour polaire, d'un seuil de parasites locaux que produisent les courants de convection intenses, dus à la différence de température entre l'air et l'Océan Glacial. La portée de ces parasites polaires dépasse rarement la moitié de la distance : Ile des Ours-Tromsö, $763^{km}$.

*Sondage.* — Les courbes de novembre à mars confirment particulièrement bien la théorie du *sondage en longitude et latitude*. Du coucher, à $21^h$, les parasites des foyers méditerranéens et africains, entrant successivement dans la nuit, influencent seulement Jablonna. Leur énergie est insuffisante pour atteindre le cercle polaire, car ils naissent dans des masses atmosphériques anémiées par la prédominance d'air sec saharien. Puis, les deux stations reçoivent simultanément les parasites des orages violents de l'extrémité occidentale du front polaire et des régions humides des Antilles et de l'Amérique centrale, où le Soleil se couche, vers $22^h$. Conformément à la théorie du *sondage vertical*, ces émissions s'évanouissent au lever à Jablonna, tout en subsistant pendant la nuit polaire à l'Ile des Ours, jusqu'à l'instant où les rayons rasants du Soleil descendent assez bas pour éclairer l'ionosphère, 2 à 4 heures avant midi vrai.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Établissement de la carte des anomalies de la composante verticale du champ magnétique terrestre dans les Vosges.* Note de M. **C. L. Alexanian**, présentée par M. Ch. Maurain.

Comme suite à mes travaux antérieurs ([1]), j'ai entrepris une campagne régulière de mesures des anomalies de la composante verticale dans les Vosges pour raccorder la carte des isanomales à celle correspondante de la Plaine d'Alsace, et pour en faire apparaître sa signification en liaison avec la géologie profonde.

Le variomètre de Haalck, n° 36, a été utilisé à cet effet. Son étalonnage, sa constante de l'échelle et son coefficient de la température ont été déterminés avec une grande précision à Bruschwikersheim (Bas-Rhin) au commencement de chaque série de mesures. Les constantes ainsi trouvées ont été comparées constamment avec celles obtenues au Val-Joyeux, les 13 et 14 juin 1933, lors de l'étalonnage de ce variomètre d'après les indications simultanées de plusieurs appareils fixes de cette station.

Quarante-quatre doubles mesures ont été faites (novembre 1933, avril 1934). La distance mutuelle moyenne des stations, plus grande que dans le cas de celle des stations de la Plaine d'Alsace antérieurement exécutées, a été de 8 à $12^{km}$. J'ai couvert ainsi plus de $2500^{km^2}$ à travers les Vosges : de la hauteur de la Petite Pierre (Bas-Rhin) jusqu'à celle de Masevaux (Haut-Rhin). La méthode de travail a été celle adoptée pour la carte des isanomales de la Plaine d'Alsace.

Les corrections de longitude et de latitude ont été faites en se basant sur la valeur moyenne de la déclinaison en Alsace, et sur un espacement des parallèles théoriques de 6 gammas par kilomètre en altitude. De fréquents retours à la station-base ont permis de constater que, pendant les parcours en voiture à travers les Vosges, le variomètre n'a subi aucun déréglage.

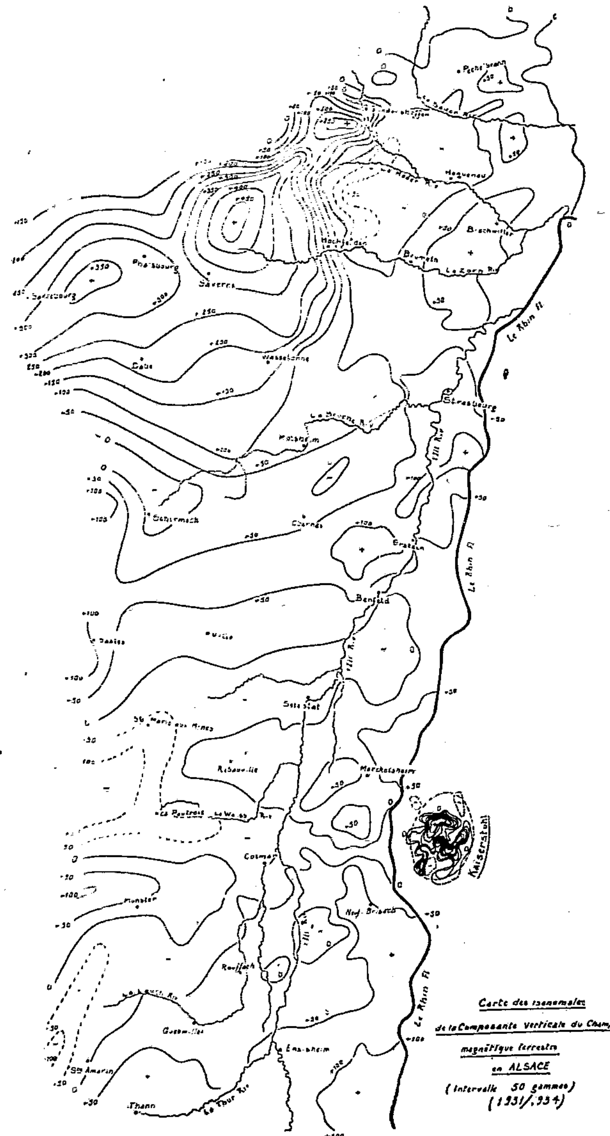
La carte ci-après résume mes mesures. C'est une réduction photographique d'une carte au 1/80000$^e$, où l'on a porté seulement les isanomales de 50 en 50 gammas, alors que sur la carte originale elles sont tracées de 10 en 10 gammas. On remarquera que :

1° La carte entière étant rapportée à la station-base de Sélestat, les isanomales relatives de la Plaine, déterminées antérieurement, se raccordent parfaitement avec celles des Vosges;

---

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 420.

2° Tout le long de la carte, les isanomales de la Plaine et celles des Vosges gardent la même allure de continuité; en particulier, la direction constante SSW-NNE, attribuée hypothétiquement aux plis hercyniens, se trouve




effectivement dans le prolongement à travers les Vosges. D'autre part, *la grande faille rhénane n'affecte pas la continuité des isanomales magnétiques.* Ce fait montre que la valeur de l'effondrement de la Plaine, entre la

crête des Vosges et le fond du bassin oligocène, n'intervient pas ici dans la distribution des isanomales magnétiques régionales. La cause de ces anomalies réside donc bien dans une zone profonde ([1]);

3° Une autre remarque, qui me paraît importante, est que la grande anomalie Sarrebourg-Saverne se prolonge jusqu'à Gundershoffen où se fait jour en surface un pointement basaltique. Elle présente d'ailleurs, en cet endroit, la même allure que celle de Kaiserstuhl ([2]). Ce fait confirme entièrement l'hypothèse d'après laquelle les grandes anomalies magnétiques régionales sont bien dues aux entités géologiques formées par des roches éruptives et métamorphiques basiques ([3]).

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les grands Foraminifères du synclinal de Visso (Apennin central).* Note de Mme **Élisabeth David-Sylvain**, présentée par M. H. Douvillé.

En 1932, M. Otto Renz a relevé dans l'Apennin central une série de couches à grands Foraminifères, appartenant à ce que les géologues italiens appellent la *Scaglia cinerea*, aux *silex noirs* et aux formations argilo-marneuses qui les surmontent; ces niveaux représenteraient l'Éocène supérieur, l'Oligocène et le Miocène inférieur ([4]). M. Renz a bien voulu me permettre d'en étudier les faunes.

Les échantillons que j'ai examinés proviennent du synclinal de Visso, situé à une cinquantaine de kilomètres au sud-est de Pérouse. On y trouve, à la base, *Discocyclina Douvillei* Schlumb., *Discocyclina Roberti* H. Douv., *Asterodiscus stella* Gumb., *Asterodiscus Bayani* M.-Ch., *Nummulites incrassatus* de la Harpe; les trois dernières espèces indiquent bien un âge priabonien. Au-dessus sont des Lépidocyclines; elles sont accompagnées d'abord d'Amphistégines seules, puis d'Amphistégines et de Miogypsines; ce sont là deux associations qui caractérisent l'une l'Aquitanien, l'autre le Burdigalien.

Si les Orthophragmines appartiennent à des espèces connues en Italie, quelques-unes des Lépidocyclines, par contre, sont nouvelles, et présentent

(1) J. Jung et C. Alexanian, *Ann. Off. Comb. liq.*, 1, p. 43-58. Paris, 1931.

(2) G. Meyer, *Ber. Freib. Natur. Ges.*, 12, 1902, p. 134-173.

(3) J. Jung, *Ann. Inst. Phys. Globe*, 11, p. 120-169. Paris, 1933.

(4) Otto Renz, *Giorn. Geol. Ann. del R. Mus. di Bologna*, 2e série, 7, 1932, p. 1.

une telle instabilité de caractères qu'il est très délicat de déterminer ou de créer des espèces. Dans le grand nombre d'échantillons examinés, il s'en est cependant trouvé quelques-uns dont les caractères sont constants et que j'ai identifiés comme : *Nephrolepidina prætournoueri* H. Douv., *Nephrolepidina Tournoueri* Lem. et Douv., *Nephrolepidina marginata* Mich., *Nephrolepidina isolepidinoides* V. der V.; *Eulepidina Roberti* H. Douv., *Eulepidina dilatata* Mich., *Eulepidina dilatata* var. *insulæ-natalis* (forme A) Jones et Chap. Il y a aussi des Amphilépidines nouvelles.

La majeure partie des échantillons présente des caractères intermédiaires entre certaines des espèces ci-dessus; les variations portent sur la forme des logettes latérales ou équatoriales et sur la forme et la taille des embryons. Cela permet de préciser la parenté entre les espèces et les sous-genres, reliés par ces individus aberrants; on est amené, entre autres, à reconnaître une fois de plus ([1]) que les Isolépidines sont les ancêtres des deux genres *Amphilepidina* et *Nephrolepidina*, eux-mêmes très voisins.

J'ai, de plus, examiné des sections sagittales; or, dans toutes les espèces, la forme des logettes latérales n'est pas la même, non plus que l'aspect des imbrications de ces logettes. Dans les grandes espèces on croirait voir des articulations rappelant celles des os longs; dans les petites espèces, les logettes latérales sont, soit bombées et se recouvrant très régulièrement, soit hexagonales, très aplaties, et disposées en quinconces. Il faudrait pouvoir examiner un très grand nombre d'échantillons pour savoir si ces différences ont vraiment une valeur systématique; la figuration des sections sagittales n'a pas été faite à une échelle suffisante, dans la majeure partie des publications, pour qu'on puisse dès maintenant en juger. Il m'a semblé néanmoins que la forme en verre de montre ne se présentait que dans les Amphilépidines.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Réflexes conditionnés et chronaxie*. Note ([2]) de MM. **W. Drabovitch** et **A.** et **B. Chauchard**, présentée par M. L. Lapicque.

Depuis que, il y a dix ans, la notion de *chronaxie de subordination* fut nettement établie par L. et Mme Lapicque, l'idée de l'utiliser pour expliquer

---

([1]) H. Douvillé, *Mém. Soc. géol. Fr.*, nouv. série, 2, II, 1925, p. 60.

([2]) Séance du 30 avril 1934.

la formation des réflexes conditionnés devint tout à fait naturelle. Aussi bien, dès 1926, W. Drabovitch attira l'attention tant de Lapicque que de Pavlov sur la possibilité et l'intérêt de cette direction des recherches. Mais il restait à créer une méthode permettant de mettre en lumière les rapports entre les réflexes conditionnés et la chronaxie. C'est ce que nous avons tenté de faire, en suivant les indications de L. Lapicque. Il convient de considérer la présente tentative comme un premier travail d'approche.

Nous avons expérimenté sur une jeune chienne de $9^{kg}$, saine et très vive. Il fallait d'abord former chez l'animal un réflexe conditionné dit *retardé* pour, ensuite, essayer de mesurer la chronaxie périphérique immédiatement avant le déclenchement du réflexe conditionné et, ensuite, à différents intervalles. Pour ne pas compliquer ces premières recherches, nous avons décidé de travailler non sur les réflexes salivaires, mais sur les réflexes moteurs de défense. L'excitant *inconditionné* était le courant électrique qui provoquait le relèvement de la patte postérieure gauche en flexion; l'excitant *conditionné*, une sonnerie continue de 5 secondes environ. La chienne était placée dans les conditions habituelles pour ce genre de recherches, c'est-à-dire dans une cellule à peu près isolée, sur une table spécialement aménagée, maintenue debout par des sangles. Les expérimentateurs pouvaient se tenir hors de la cellule; mais, l'animal s'étant habitué à leur présence, il n'y eut par la suite aucun inconvénient à leur maintien près du sujet.

Le réflexe conditionné simple se forma après environ 25 associations de la sonnerie avec excitation électrique de la patte et, tout de suite se montra stable. Il nous est arrivé une fois d'obtenir le mouvement conditionné 44 fois sans avoir besoin de l'étayer à nouveau par l'excitant électrique. Notre chienne appartient, évidemment, à la catégorie d'animaux à prédominance extrême des processus d'excitation. C'est d'ailleurs pour cela que la présence des expérimentateurs dans sa cellule ne l'inhibait pas et non seulement la présence mais même la pratique des mesures de chronaxie.

C'est également pour cette raison qu'il nous était plus difficile d'obtenir un réflexe conditionné *retardé*, c'est-à-dire ne se produisant qu'au bout de 3 ou 4 secondes après le début de la sonnerie. On sait, en effet, que ce retard s'obtient par inhibition interne. Après 60 ou 70 associations, il n'était pas encore très fixe et redevenait simple, soit presque coïncidant. Nous avons pu néanmoins commencer les mesures.

A cet effet l'anode était introduite dans l'anus et la cathode appliquée sur les points moteurs de la patte tantôt des extenseurs, tantôt des fléchis-

seurs. Les résultats sont exprimés en millièmes de microfarad. Parfois nous avons introduit un shunt dans le circuit; nous nous sommes ainsi rendu compte que les fluctuations de la chronaxie ne pouvaient être imputées à des variations de la résistance des tissus, de la peau en particulier. Les mesures sur la patte gauche postérieure ont été prises pendant le temps de retardement, 1 ou 2 secondes après le commencement de la sonnerie et une seconde environ avant le déclenchement du réflexe conditionné. Puis après le réflexe conditionné à des intervalles de 1 seconde, 30 secondes, une minute afin de suivre l'évolution des changements jusqu'au retour à la valeur initiale. Pour éviter la fatigue, la séance était entrecoupée par des réflexes conditionnés alimentaires au métronome.

Nous ne citerons que peu d'expériences correspondant à chacune des phases de notre recherche.

| | Flexion. | | | Extension. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Rh. | Cw. | Rh. | Rh. | Cw. | Rh. |
| *Expérience du 23 février 1934.* | | | | | | |
| Normale | 15 | 45 | 15 | 34 | 20 | 34 |
| Avant le réflexe | 20 | 125 | 20 | 40 | 50 | 40 |
| *Expérience du 27 février.* | | | | | | |
| Normale | 40 | 60 | 40 | 40 | 25 | 40 |
| Avant le réflexe | 25 | 100 | 25 | 30 | 50 | 30 |
| *Expérience du 10 mars.* | | | | | | |
| Normale | – | – | – | 24 | 35 | 24 |
| Après le réflexe : 1 seconde | – | – | – | 13 | 55 | 13 |
| » 30 secondes | – | – | – | 18 | 50 | 18 |
| » 1 minute | – | – | – | 20,5 | 42 | 20,5 |
| » 2 minutes | – | – | – | 23 | 37–39 | – |

L'expérience est interrompue par suite de la fatigue de l'animal.

*Expérience du 15 mars.*

| | Flexion. | | |
|---|---|---|---|
| | Rh. | Cw. | Rh. |
| Normale | 3 | 40 | 3 |
| Après le réflexe : 1 seconde | 2 | 100 | 2 |
| » 30 secondes | 3 | 92 | 3 |

Le retour étant ébauché, on suspend la séance.

Toutes les expériences parlent dans le même sens : augmentation plus ou

moins considérable de la chronaxie, tant pour les fléchisseurs que pour les extenseurs, immédiatement avant et immédiatement après le réflexe conditionné. Ensuite, retour plus ou moins rapide à l'état normal.

Tels sont nos premiers résultats. Nous nous garderons bien d'en donner, dès à présent, l'interprétation. Mais un fait nous paraît déjà établi incontestablement : c'est que la formation d'un réflexe conditionné implique une action sur la chronaxie périphérique.

D'autres recherches dans ce domaine sont en cours.

BIOLOGIE MARINE. — *Sur la distribution verticale des organismes fixés dans la zone des fluctuations de la mer.* Note de M. E. **Fischer-Piette**, présentée par M. L. Mangin.

En 1929, j'ai établi l'ordre de succession verticale des limites de distribution des principales espèces d'Algues et d'Animaux fixées dans la zone des marées, en eau calme (Rance), et montré l'importance des niveaux de pleine mer et de basse mer de morte-eau, niveaux qui marquent des changements importants dans le régime de fréquence des phases d'immersion et d'émersion.

Depuis lors j'ai poursuivi l'étude de ces faits de distribution verticale sur une grande étendue de côtes : côte sud du canal de Bristol; côte anglaise de la Manche des îles Scilly à Newhaven; les diverses îles de la Manche; côte française de la Manche d'Ouessant à Fécamp; côte basque, de Biarritz en France à Zarauz en Espagne. Nous allons donc pouvoir donner une idée d'ensemble des faits de distribution verticale observables dans nos régions.

Mais il convient d'abord de faire une remarque. Dès que l'on sort de domaines abrités comme la Rance, pour gagner des points où les vagues se font fortement sentir, on se rend compte, à l'évidence, que la notion de *zone des marées* ne suffit plus pour servir de cadre à notre étude bionomique. L'effet des vagues et des embruns, qui mouillent la roche jusqu'à des niveaux relativement élevés, permet à divers organismes franchement marins de dépasser le niveau des pleines mers de vive-eau. Par exemple, à Biarritz, où les vagues sont fortes et fréquentes, la zone peuplée par les organismes franchement marins présente en divers points une hauteur presque *double* ($9^m$) de celle de la zone des marées ($4^m,80$).

Nous appellerons *zone des fluctuations de la mer*, ou *zone du va-et-vient*

*de l'eau de mer*, la zone du littoral qui est alternativement atteinte et abandonnée par l'eau de mer, sous les effets des marées, des vagues et de leurs éclaboussures, des variations de pression atmosphérique, et des vents. Cette définition, valable pour les mers à marées, l'est aussi pour les mers dites sans marées (Méditerranée).

Ceci dit, les faits décrits en 1929 se révèlent posséder un certain caractère de généralité : l'ordre de succession des espèces se retrouve sensiblement partout, à condition de ne considérer, en chaque point, que les espèces vraiment abondantes (en éliminant par exemple, les *Fucus* qui ne résistent pas aux fortes vagues). De plus, en dépit du fait que, le long des côtes, certaines espèces disparaissent tandis que d'autres apparaissent, *le mode de groupement des limites supérieures* demeure le même; très peu abondantes dans la zone moyenne, ces limites se groupent, d'une part, au-dessus et aux environs du niveau qui est humecté au moment des pleines mers de morte-eau : « niveau d'humectation des pleines mers de morte-eau », qui surmonte le niveau des pleines mers de morte-eau d'autant plus que la zone des fluctuations de la mer est plus dilatée par rapport à la zone des marées; et d'autre part, au-dessous et aux environs du « niveau d'humectation des basses mers de morte-eau », qui, de même, surmonte le niveau des basses mers de morte-eau.

Nous disons que l'ordre de succession des limites supérieures des organismes demeure sensiblement le même partout. Nous n'avons trouvé à cette règle qu'une seule exception qui fût véritablement importante. Elle concerne le Mollusque *Patella depressa* Pennant. Presque partout cette espèce s'arrête au niveau d'humectation des *basses* mers de morte-eau. Mais en deux régions, dont l'une est l'île de Wight en Angleterre, et dont l'autre est la côte basque, on trouve jusqu'au niveau d'humectation des *pleines* mers de morte-eau, des représentants de cette espèce, ou qui du moins me parurent tels au premier abord. Mais une étude plus attentive permet de constater qu'en ces deux régions existent des intermédiaires, que je considère comme des hybrides, entre *Patella depressa* et une autre espèce, *P. intermedia* Jeffreys (il serait curieux de savoir pourquoi l'hybridation ne se produit qu'en ces deux régions). On peut constater que les individus trouvés au-dessus de leur niveau normal sont de tels hybrides. Or *P. intermedia* est une espèce qui, partout, remonte jusqu'au niveau d'humectation des pleines mers de morte-eau. Il n'est pas surprenant de constater que les hybrides qu'elle forme puissent hériter de son degré de résistance à l'assèchement et se trouver jusqu'à ce même niveau. Cette

exception n'est donc qu'apparente. Elle n'infirme par l'importance des faits ci-dessus rapportés.

Nous pouvons donc dire que, dans la zone des fluctuations de la mer, l'ordre de succession verticale des espèces communes demeure sensiblement le même sur une grande étendue de côtes et qu'il est réglé, avant tout, par le régime de fréquence des périodes d'immersion ou d'humectation, encore plus que par la durée de ces périodes.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Rôle de la structure des tissus dans leur échauffement par ondes courtes.* Note de M. **Jellinek**, présentée par M. d'Arsonval.

La dualité d'action remarquée jadis par d'Arsonval dans ses études sur les solénoïdes de hautes fréquence constitue à l'heure actuelle le problème fondamental de l'action biologique des ondes courtes et de leur application à la thérapeutique. J'ai tenté d'établir cette discrimination dans une Note antérieure (1). Voici quelques faits nouveaux à l'appui.

Quand on place un œuf de poule frais entre les deux lames d'un condensateur du circuit secondaire d'un émetteur d'une énergie de 1000 watts (onde de $3^m$) et qu'on l'y laisse 5 minutes, la surface de la coque se recouvre *tout à coup* d'innombrables et minuscules gouttelettes d'eau; on dirait que l'œuf transpire, il est chaud au toucher et si l'on y introduit une aiguille thermoélectrique, le blanc de l'œuf montre une température d'environ 80° C., et le jaune d'environ 60°C. Le jaune est dur et solide, le blanc, malgré la température plus élevée, a la consistance de la gélatine et forme des couches feuilletées.

Quand on place dans le même champ électrique la lentille cristalline de l'œil d'un bœuf ou d'un porc, tué une heure plus tôt, l'effet calorique est différent, qu'on ait placé la lentille telle quelle entre les lames du condensateur, ou on l'ait enfermée dans une éprouvette en verre. Dans le premier cas, malgré une exposition de 5 minutes, la lentille n'est nullement influencée, elle est sèche au toucher, à peine chaude, son éclat, sa consistance et sa transparence restent inaltérés, la lentille semble inattaquable par les rayons électriques. Dans le deuxième cas, au bout de quelques

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1149.

secondes d'exposition, une opacité blanchâtre, de la rigidité et une chaleur de 60-70° C.; l'opacité se produisant d'abord sur une couche périphérique ne progresse pas d'une manière irrégulière, mais sur un plan parallèle. En outre, on voit que des vapeurs légères sortent de la lentille et se condensent à l'intérieur de l'éprouvette.

Ces phénomènes nous montrent que, dans le champ électrique, nous avons affaire à un mécanisme de calorification particulier, qu'outre les *facteurs internes* de la substance biologique (structure physicochimique, constante diélectrique, etc.) et les *facteurs externes* du champ électrique (longueur d'onde, énergie du champ, dimension du champ, etc.), il y a encore des conditions inconnues jusqu'ici (le milieu, sa distribution), lesquelles jouent un rôle important. De quelle manière, par exemple, l'effet calorique sur les malades peut-il être influencé par le voisinage de cavités remplies d'air (en analogie avec la lentille dans l'éprouvette), cela doit être étudié par des expériences et des observations méthodiques.

On peut se convaincre par l'expérience suivante que l'évaporation des voies respiratoires a lieu d'une manière violente et rapide : si l'on enferme une souris dans un vase de verre, les parois internes du vase se couvrent immédiatement de buée, aussitôt que le courant est établi et que l'animal, par ses mouvements précipités, montre qu'il est frappé des ondes ultracourtes (énergie de 1000 watts, 3 mètres). La peau de la souris n'ayant pour ainsi dire pas de glandes sudorifiques, la vapeur ne peut donc provenir que des poumons uniquement.

Cette expérience prouve quel rôle joue la structure particulière du poumon dans son échauffement par ondes courtes et l'importance qui en résulte pour la théorie et la pratique.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *L'équilibre lipido-protéidique dans le sérum de malades atteints d'affections cutanées ou de troubles lipémiques.* Note de MM. **A.** et **R. Sartory**, **J. Meyer** et **J. Cueni**.

Poursuivant nos travaux, afin d'essayer d'éclaircir le problème de la pathogénie du psoriasis, il nous a paru intéressant d'examiner une série de sangs provenant de malades atteints d'affections cutanées ou de troubles lipémiques notoires. Afin de faciliter l'interprétation de nos résultats, nous avons tiré les moyennes des différentes analyses, que nous exprimons dans

le tableau qui suit, ceci pour les affections de parakératose, de dystrophie graisseuse de la cornée et de lipomatose :

| | Parakératose. | Dystrophie graisseuse de la cornée. | Lipomatose. |
|---|---|---|---|
| *Albumines* | 33,25 | 40,15 | 44,01 |
| Lipides entraînés par les albumines | 3,60 | 6,83 | 3,09 |
| Acides gras entraînés par les albumines | 1,98 | 2,81 | 1,65 |
| Indice d'iode des acides gras | 77 | 71 | 47 |
| Insaponifiable total entraîné par les albumines | 1,19 | 2,04 | 1,25 |
| Cholestérol entraîné par les albumines | 0,57 | 1,38 | 0,78 |
| Insaponifiable X entraîné par les albumines | 0,57 | 0,66 | 0,47 |
| *Globulines* | 43,73 | 34,07 | 32,30 |
| Lipides entraînés par les globulines | 3,70 | 5,17 | 2,69 |
| Acides gras entraînés par les globulines | 2,05 | 2,69 | 1,27 |
| Indice d'iode des acides gras | 46 | 73 | 43 |
| Insaponifiable total entraîné par les globulines | 1,30 | 1,78 | 1,16 |
| Cholestérol total entraîné par les globulines | 0,69 | 1,30 | 0,67 |
| Insaponifiable X entraîné par les globulines | 0,61 | 0,48 | 0,49 |
| *Protéides totaux* | 76,98 | 26,73 | 76,32 |
| Lipides totaux | 7,30 | 12,00 | 5,78 |
| Acides gras totaux | 4,03 | 5,50 | 2,92 |
| Insaponifiable total | 2,49 | 3,85 | 2,41 |
| Cholestérol total | 1,26 | 2,68 | 1,45 |
| Insaponifiable X total | 1,23 | 1,15 | 1,06 |
| Phosphore total du sérum en milligrammes | – | 112,1 | 100,2 |

Nous pouvons donc constater pour les cas de lipomatose que les différentes valeurs totales obtenues au cours de nos recherches ne présentent, en somme, aucune modification pathologique. Si nous considérons par contre les deux constituants, c'est-à-dire les valeurs relatives au facteur entraîné par les albumines et les globulines, nous notons, pour ces cas, de lipomatose un déséquilibre du rapport lipides des albumines/lipides des globulines.

Il nous a semblé intéressant de mentionner ce fait parce que nous avions pu constater antérieurement que le déséquilibre de ce rapport *in vitro* est en relation directe avec le pH du sérum. Cliniquement nous constations dans nos cas de lipomatose *in vivo* une acidose prononcée. Nous attirons l'attention sur ce phénomène car on pourrait supposer un rapport entre le déséquilibre acido-basique du sang et celui du rapport lipides des albumines/lipides des globulines sans vouloir prétendre que l'étiologie de la lipomatose y pourrait avoir son origine.

Dans les cas de parakératose le même fait apparaît mais avec des symptômes beaucoup plus frappants encore car la teneur en protéides totaux est ici sensiblement normale et le rapport albumines/globulines est complètement inversé; les valeurs liées au facteur protéidique sont modifiées dans le même sens. Dans cette affection, nous remarquons en outre un trouble lipidique ayant trait seulement aux graisses neutres, car nous constatons une augmentation des acides gras tandis que le facteur de l'insaponifiable total reste dans des limites normales.

En ce qui concerne les maladies de dystrophie graisseuse de la cornée, nous remarquons que le métabolisme lipidique en général est fortement troublé surtout en ce qui concerne les acides gras et le cholestérol.

A $15^h40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *E. Roux* :

| | |
|---|---|
| *En première ligne*.............. | M. ÉMILE BRUMPT. |
| *En seconde ligne*, ex æquo *par ordre alphabétique*............... | MM. ALBERT DEMOLON,<br>MAURICE JAVILLIER,<br>CONSTANTIN LEVADITI,<br>GUSTAVE MOUSSU,<br>LOUIS ROULE. |

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h45^m$.

E. P.

## ERRATA.

---

(Séance du 15 janvier 1934.)

Note de M^me^ *P. Rumpf*, Étude cinétique de la réaction iodure de potassium-eau oxygénée en solution acide :

Page 257, ligne 32, *au lieu de* $c_{I^{3-}}$, *lire* $c^2_{H^+}$.

(Séance du 26 mars 1934.)

Note de M^lle^ *Blanche Gredy* et M. *Léon Piaux*, Isomérie *cis-trans* et isomérie synionique dans le cas des dérivés crotyliques :

Page 1237, ligne 16, au lieu de *trans*, lire *cis* et inversement.

(Séance du 23 avril 1934.)

Note de M. *W. Margoulis*, Sur le minimum de puissance dépensée par les machines volantes :

Page 1474, note (1), *au lieu de* 4 mars, *lire* 4 avril.

Note de M. *Léon Piaux*, Spectres Raman du cyclopentanol, de quelques alcools dérivés du cyclopentène et du cyano-1 cyclopentène-1 :

Page 1496, avant-dernière ligne, *au lieu de* ont publié un des spectres, *lire* ont publié des spectres.

Page 1498, dernière ligne, *au lieu de* $CH^2 - CH.R$, *lire* $CH^2 = CH.R$.

Note de M. *Edmond Urion*, Sur quelques produits de réduction de l'aldéhyde cyclopenténylformique :

Page 1519, ligne 5, la phrase doit être terminée par un point; ligne 6, *au lieu de* l'*α-cyclopenténylcarbinol*, *lire* PRODUITS OBTENUS : *α-Cyclopenténylcarbinol*.

(Séance du 30 avril 1934.)

Note de M. *Bernard Kwal*, Sur un système de matrices réelles qui intervient dans la théorie de l'électron magnétique lorsqu'on se place dans l'espace-temps de la relativité restreinte :

Page 1582, dans le titre, *au lieu de* KWALL, *lire* KWAL.



# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 14 MAI 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Bohuslav Hostinský**, professeur à l'Université de Brno, qui assiste à la séance.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 23 mai au lieu du lundi 21.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un volume intitulé *Hommage à la mémoire du professeur* Jean Cantacuzène.

M. **E. Borel** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. N. M. Gunther : *La théorie du Potentiel et ses applications aux problèmes fondamentaux de la Physique mathématique*, qui fait partie de la *Collection de Monographies sur la Théorie des fonctions*, publiée sous sa direction.

M. **J. Schokalsky**, par l'organe de M. **G. Perrier**, fait hommage à l'Académie d'une *Contribution à l'estimation du bilan hydrologique de la mer Baltique*.

## NOMINATIONS.

M. **W. W. Campbell** est désigné pour représenter l'Académie au Congrès que l'*American Association for the Advancement of science* doit tenir à Berkeley du 18 au 23 juin 1934.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *E. Roux*, décédé.

Il y a trois tours de scrutin. Le dépouillement donne les résultats suivants :

| | 1er tour. | 2e tour. | 3e tour. |
|---|---|---|---|
| Nombre de votants | 50 | 50 | 50 |
| Suffrages obtenus | — | — | — |
| par M. Gustave Moussu | 17 | 24 | 28 |
| M. Émile Brumpt | 13 | 18 | 20 |
| M. Maurice Javillier | 9 | 6 | 2 |
| M. Louis Roule | 9 | 2 | » |
| M. Constantin Levaditi | 2 | » | » |

M. **Gustave Moussu**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Royaume de Belgique. Ministère des Colonies. *Carte géologique du Congo à l'échelle du* 500000e. *Région de Zobia* (Feuille n° 12).

2° Ch. Poisson. *Sur la formation de typhons à Madagascar.*

M. **Jean Becquerel** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Physique par le décès de M. *P. Villard*.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la notion de la catégorie de MM. L. Lusternik et Schnirelmann.* Note (1) de M. **Karol Borsuk**, transmise par M. Émile Borel.

Dans leurs études de certains problèmes de la géométrie différentielle et du calcul des variations, MM. Lusternik et Schnirelmann (2) ont introduit un nouvel invariant topologique défini pour chaque sous-ensemble fermé E de la variété (3) donnée M, nommé la *catégorie de* E *relative à* M. La définition de MM. Lusternik et Schnirelmann peut s'énoncer ainsi :

*La catégorie de* E *relative à* M (notation : cat. ME) *est le plus petit de tous les nombres cardinaux m tels que* E *se laisse décomposer en m ensembles fermés relativement à* E *et contractiles dans* M (4).

Or, les ensembles ne contenant qu'un seul point étant fermés et contractiles dans chaque espace (5), la définition de la catégorie est valable non seulement dans le cas où E est un sous-ensemble fermé d'une variété M, mais aussi dans le cas très général *d'un sous-ensemble quelconque* E *d'un espace arbitraire* M. Ce point de vue général n'est pas dépourvu d'intérêt, car la notion de la catégorie n'est pas seulement utile par ses applications géométriques, mais aussi importante pour la topologie générale. Ainsi, par exemple, comme il résultera du théorème V, la catégorie est un invariant qui caractérise quelquefois telles propriétés topologiques qui ne se laissent pas exprimer par les invariants basés uniquement sur la notion de l'homologie.

Néanmoins, l'étude de la notion de la catégorie semble prêter le plus grand intérêt non dans le cas des espaces arbitraires, mais dans le cas des espaces spéciaux se distinguant par une structure locale bien simple,

---

(1) Séance du 23 avril 1934.

(2) L. Lusternik, *Monatsh. f. Math. u. Phys.*, 37, 1930, p. 125-130; L. Schnirelmann, *Monatsh. f. Math. u. Phys.*, 37, 1930, p. 131-134. Cf. aussi L. Lusternik et L. Schnirelmann, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 534-536.

(3) On entend par *variété* un polyèdre connexe qui est en chacun de ses points localement homéomorphe à l'espace euclidien.

(4) Au sens de ma Note des *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 952.

(5) Tous les espaces considérés dans cette Note sont supposés métrisables.

par exemple des *espaces compacts localement contractiles* (1). On peut ainsi démontrer que la plus grande partie des résultats de MM. Lusternik et Schnirelmann concernant la catégorie des sous-ensembles des variétés reste valable aussi pour ces espaces. En particulier on a les théorèmes :

THÉORÈME I. — *La catégorie d'un sous-ensemble arbitraire d'un espace compact localement contractile relativement à cet espace est finie.*

THÉORÈME II (2). — *Il existe, pour chaque sous-ensemble fermé* E *de dimension finie d'un espace compact localement contractile* M, *un entourage* U *tel que* $\mathrm{cat}_M U = \mathrm{cat}_M E$.

THÉORÈME III (3). — E *étant un sous-ensemble fermé du continu localement contractile* M, *on a* $\mathrm{cat}_M E \leqq \dim E + 1$.

Il importe de remarquer que le théorème III ne se laisse pas généraliser sur les espaces péaniens (4) arbitraires. On a au contraire le théorème suivant :

THÉORÈME IV. — *Il existe pour tout nombre cardinal* $\mathfrak{w} \leqq \aleph_0$ *une courbe régulière* (5) C *telle que* $\mathrm{cat}_C C = \mathfrak{w}$. *Il existe aussi des courbes régulières* C *pour lesquelles on a* $\mathrm{cat}_C C > \aleph_0$.

THÉORÈME V. — *La condition nécessaire et suffisante pour que le groupe fondamental d'un continu localement contractile* M, *pour lequel* $\mathrm{cat}_M M \leqq 2$, *ne contienne qu'un seul élément zéro est que le nombre, relatif à la connexion linéaire, de Betti* (6) *de* C *disparaisse.*

En appliquant particulièrement le théorème V à l'exemple bien connu, dû à Poincaré (7), d'une variété P à trois dimensions, dont toutes les propriétés d'homologie coïncident avec celles d'une surface sphérique à trois dimensions $S_3$ mais dont le groupe fondamental contient plus d'un élément, on obtient l'inégalité $\mathrm{cat}_P P > 2 = \mathrm{cat}\, S_3$. Il en résulte :

COROLLAIRE. — *La catégorie d'un espace rel. à soi-même ne se laisse pas en général exprimer uniquement par les propriétés d'homologie de cet espace.*

---

(1) *Loc. cit.*

(2) Pour les variétés riemanniennes, démontré par M. LUSTERNIK, *loc. cit.*, 4, p. 127.

(3) Pour les variétés riemanniennes, démontré par M. SCHNIRELMANN, *loc. cit.*, th. 1, p. 132.

(4) Espace péanien = image continue de l'intervalle $< 0, 1 >$.

(5) Au sens de M. K. MENGER, *Kurventheorie*, 1933, p. 98.

(6) Quant à la définition des nombres de Betti et du groupe fondamental, voir par exemple S. LEFSCHETZ, *Topology*, 1930, p. 82-83 et 323-334.

(7) *Rendic. Palermo*, 18, 1904, p. 45-110.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence des intégrales holomorphes des équations différentielles du premier ordre dans les cas singuliers.* Note (¹) de M. SPYRIDION SARANTOPOULOS.

Les recherches de Briot et Bouquet sur les propriétés des fonctions définies par des équations différentielles (²) ont conduit à l'étude de quelques formes particulières

$$x\frac{dy}{dx} = ay + f(x, y) \tag{1}$$

ou, plus généralement,

$$x^{\mu}\frac{dy}{dx} = ay + f(x, y), \qquad [f(0, 0) = 0] \qquad (\mu > 1), \tag{2}$$

$f(x, y)$ étant holomorphe dans le voisinage de $x = 0$, $y = 0$ et ne renfermant pas de terme du premier degré en $y$.

L'équation (1) a été étudiée par Briot et Bouquet. MM. E. Picard (³) et H. Poincaré (⁴) ont complété l'étude de (1), en donnant des représentations analytiques des intégrales.

M. Dulac (⁵) a fait d'importantes recherches sur l'équation (2), et aussi M. Bendixson. Ils se sont attachés à l'étude des intégrales non holomorphes.

Je me propose de faire connaître certains résultats de mes recherches concernant les conditions suffisantes et nécessaires qui doivent être remplies pour qu'il existe, au voisinage du point $x = 0$, une intégrale holomorphe et s'annulant pour $x = 0$. J'ai établi les théorèmes suivants :

I. Soit l'équation différentielle

$$x^2\frac{dy}{dx} = ay + x\varphi(x) + x\sigma(x)y \tag{4}$$

---

(¹) Séance du 7 mai 1934.

(²) *Journal de l'École Polytechnique*, **21**, 1856.

(³) *Comptes rendus*, **87**, 1878, p. 432 et 743; *Bull. Société mathématique*, **12**, 1884.

(⁴) *Journal de l'École Polytechnique*, 1^re série, **28**, 45^e cahier, 1878, p. 13.

(⁵) *Journal de l'École Polytechnique*, 2^e série, 9^e cahier, 1904, p. 1.

où les fonctions

$$\varphi(x) = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + \ldots,$$
$$\sigma(x) = \delta_1 + \delta_2 x + \delta_3 x^2 + \ldots$$

sont holomorphes au voisinage du point $x = 0$; soit encore

$$A_0 + A_1 x + A_2 x^2 + \ldots$$

le développement taylorien de la fonction $\varphi(x) e^{\int_0^x \frac{\sigma(x) - \delta_1}{x} dx}$ suivant les puissances de $x$ dans un cercle ayant l'origine pour centre et un rayon égal à $r$ ($r > 0$).

Alors, *pour que l'équation* (4) *ait une intégrale* $g(x)$ *holomorphe au voisinage du point* $x = 0$ *et s'annulant avec* $x$, *il est nécessaire et suffisant que* $a$ *soit un zéro de la fonction entière*

$$\Phi(x) = A_0 + \frac{A_1}{1 - \delta_1} x + \frac{A_2}{(1 - \delta_1)(2 - \delta_1)} x^2 + \ldots + \frac{A_\nu}{(1 - \delta_1)(2 - \delta_1)\ldots(\nu - \delta_1)} x^\nu + \ldots$$

*si* $\delta_1$ *n'est pas un nombre entier et positif, ou de la fonction*

$$\Phi_1(x) = A_\lambda + \frac{A_{\lambda+1}}{1} x + \frac{A_{\lambda+2}}{1.2} x^2 + \ldots + \frac{A_{\lambda+u}}{1.2.3\ldots u} x^u + \ldots$$

*si* $\delta_1$ *est égal à un nombre entier positif* $\lambda$.

*Le rayon d'holomorphie de* $g(x)$ *sera au moins égal à* $r$.

*Remarque.* — Pour $\sigma(x) \equiv 0$ on retrouve, comme cas particulier, le théorème de Briot et Bouquet.

II. *Pour que l'équation différentielle*

$$x^{\mu+1} \frac{dy}{dx} = ay + x\varphi(x) + \delta x^\mu y,$$

*où* $\varphi(x) = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + \ldots$ *est holomorphe au voisinage du point* $x = 0$, *ait une intégrale holomorphe dans le domaine de ce point et s'annulant avec* $x$, *il est nécessaire et suffisant que* $a$ *soit un zéro commun de toutes les fonctions entières*

$$\Phi_\nu(x) = \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} b_{\mu\lambda+\nu} \frac{a^\lambda}{(\nu + 1 - \delta)(\nu + 1 + \mu - \delta)\ldots[\nu + 1 + \mu(\lambda - 1) - \delta]}$$
$$(\nu = 0, 1, 2, \ldots, \mu - 1),$$

$\delta$ *n'étant pas un nombre entier positif.*

*Si* $\delta$ *est égal à un nombre entier* $h+1+\mu(l-1)$ $(h<\mu)$, *la fonction* $\Phi_h(x)$, *qui correspond à* $\nu=h$, *doit être remplacée par la suivante :*

$$\varphi_h(x)=b_{\mu l+h}+\frac{b_{(l+2)\mu+h}}{1.\mu}a+\frac{b_{(l+2)h+\mu+h}}{1.2.\mu^2}a^2+\ldots+\frac{b_{(l+u)\mu+h}}{1.2.3\ldots u\mu^u}a^u+\ldots$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les ensembles de points qui ne peuvent être ensembles de zéros d'une fonction analytique de plusieurs variables.* Note [1] de M. **Beppo Levi**, présentée par M. Hadamard.

J'ai donné [2] récemment différentes constructions d'ensembles de points de l'espace complexe à $k$ dimensions qui ne peuvent être ensembles de zéros d'une fonction analytique régulière en un point qui soit le seul point d'accumulation de l'ensemble. Le problème n'est pas nouveau et d'autres solutions ont été données [3] : il ne paraît pas, en effet, qu'on puisse songer à une résolution univoque et il s'agit plutôt de signaler des constructions le plus expressives possible, qui laissent le plus possible d'arbitraire, qui donnent lieu à des ensembles le moins étendus possible.

Je voudrais donner ici une nouvelle construction qui me paraît d'un certain intérêt à cet égard.

1. Je remarque avant tout que *si* $f(x_1, x_2)$ *est une fonction analytique des deux variables* $x_1$, $x_2$ *régulière autour de* $(0,0)$, *avec* $f(0,0)=0$, *on peut assigner un entier positif n et un nombre réel positif* $\rho$ *tels que sur chaque droite passant par le point* $(0,0)$ *et qui n'est pas tout entière composée de zéros de f il n'y a pas plus de n zéros de f à une distance* $<\rho$ *de* $(0,0)$. La démonstration de cette proposition réussit très facile comme application du théorème préparatoire de Weierstrass et sera donnée ailleurs : au point de vue géométrique elle affirme que, tandis qu'une courbe algébrique peut être rencontrée par une droite au voisinage d'un de ses points, quelle que soit la multiplicité de celui-ci, en un nombre de points qui peut aller jusqu'au degré de la courbe, pour une courbe analytique, pour laquelle l'analogue

---

(1) Séance du 23 avril 1934.

(2) *Bollettino dell' Un. Mat. Italiana*, 13, 1934, p. 1-5 et 104.

(3) Une bibliographie, qui ne prétend pas être complète, se trouve dans la Note citée. Voir aussi Tullio Viola, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 705).

de l'ordre est infini, ledit nombre de points d'intersection a toujours une limite supérieure finie.

2. Il résulte immédiatement de cette proposition que *si une fonction analytique* $f(x_1, x_2)$ *est régulière en un point et si la limite supérieure du nombre de ses points alignés voisins de ce point est* $\infty$, *ladite fonction est identiquement nulle* ([1]). On peut ainsi construire des ensembles de points qui aient comme point limite unique un point O assigné, qui soient contenus dans une aire donnée quelconque ayant O sur son contour, et tels que la condition, pour la fonction, de s'annuler en ces points, ait pour conséquence qu'elle est nulle identiquement : notre ensemble pourrait, par exemple, être enfermé entre deux branches de courbes, issues du point O et ayant entre elles un contact d'ordre quelconque, même infini.

3. Nous voulons maintenant étendre la dernière proposition au cas des fonctions d'un nombre quelconque de variables.

Dans l'espace à $k$ dimensions (de coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_k$) considérons le sous-espace $x_1 = 1$, $x_2 + x_3 + \ldots + x_k = 1$, et dans celui-ci un ensemble quelconque $(e)$ de points qui ne puissent être zéros d'une fonction analytique non nulle et régulière autour d'un de leurs points d'accumulation. Sur chacun des plans qui projettent les points de $(e)$ de la droite $x_2 = x_3 = \ldots = x_k = 0$ choisissons, selon la dernière proposition du numéro précédent, un ensemble de points ayant pour point limite $(0, 0, \ldots, 0)$ et qui ne puissent être les zéros d'une fonction non nulle de deux variables, régulière en ce point. *L'ensemble* (E) *de tous ces points est tel que toute fonction régulière en* $(0, 0, \ldots, 0)$ *et qui s'annule sur* (E) *est identiquement nulle.*

En effet, ladite fonction doit alors prendre la valeur 0 en tous les points de chacun des plans qui de $x_2 = x_3 = \ldots = x_k = 0$ projettent les points de $(e)$; en particulier elle s'annule sur $(e)$ et, par conséquent, elle prend la valeur 0 en tous les points du sous-espace $x_1 = 1$, $x_2 + x_3 + \ldots + x_k = 1$; de même, chaque sous-espace à $k-2$ dimensions qui ne rencontre pas la droite $x_2 = \ldots = x_k = 0$ est rencontré par ces plans en un ensemble de points en correspondance projective avec l'ensemble $(e)$ et par suite la fonction est encore nulle en tous ces points; elle est donc nulle partout.

4. On pourrait répéter, pour les ensembles qui satisfont aux conditions du numéro précédent, des remarques analogues à celles que nous avons faites au n° 2 pour les fonctions de deux variables.

---

([1]) Cette proposition est le cas particulier, pour $k = 2$, de celle que j'ai établie an n° 5 de la Note citée ([1]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les noyaux additifs dans la théorie des équations intégrales de Fredholm.* Note [1] de M. ANTONIO MONTEIRO, présentée par M. Goursat.

1. Soit K(M, P) un noyau de Fredholm défini dans un domaine V. Soit $K^{(n)}(M, P)$ son itéré d'ordre $n$. Posons

$$K(M, P) = H(M, P) + L(M, P).$$

Nous dirons que les deux noyaux H et L sont *additifs* sur V si l'on a

$$(1) \quad K^{(n)}(M, P) = H^{(n)}(M, P) + L^{(n)}(M, P) \qquad (\text{quel que soit l'entier positif } n).$$

On sait que si deux noyaux sont *orthogonaux* (sur V), ils possèdent la propriété (1) et sont par suite additifs. Mais *la notion d'additivité est plus générale* comme le montre l'exemple suivant. Soit

$$\varphi_1(M), \quad \varphi_2(M), \quad \varphi_3(M), \quad \varphi_4(M),$$
$$\psi_1(M), \quad \psi_2(M), \quad \psi_3(M), \quad \psi_4(M)$$

un système de fonctions biorthogonales et normales. Il est facile de vérifier que les deux noyaux

$$H(M, P) = \varphi_2(M)\psi_1(P) + \varphi_3(M)\psi_2(P) + \varphi_4(M)\psi_3(P),$$
$$L(M, P) = \varphi_2(M)\psi_1(P) - \varphi_3(M)\psi_2(P) + \varphi_4(M)\psi_3(P)$$

sont additifs et qu'ils ne sont pas orthogonaux. Nous montrons ci-dessous qu'un grand nombre de propriétés des noyaux orthogonaux [2] s'étendent aux noyaux additifs.

I. *Pour que deux noyaux* H *et* L *soient additifs, il faut et il suffit qu'ils vérifient les deux conditions*

$$(\text{I}) \qquad \int_V H(M, Q)\,L(Q, P)\,dQ + \int_V L(M, Q)\,H(Q, P)\,dQ = 0,$$

$$(\text{II}) \qquad \int\int_V H(M, Q)\,L(Q, R)\,H(R, P)\,dQ\,dR + \int\int_V L(M, Q)\,H(Q, R)\,L(R, P)\,dQ\,dR = 0.$$

---

(1) Séance du 7 mai 1934.

(2) E. GOURSAT, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 752; B. HEYWOOD, *ibid.*, p. 908.

II. *Si* H *et* L *sont deux noyaux additifs, tous les itérés* $H^{(i)}(M, P)$ *et* $L^{(j)}(M, P)$, *pour lesquels* $i+j \geqq 4$, *sont orthogonaux.*

III. *Pour que la condition* (1) *soit vérifiée quel que soit* $n$, *il faut et il suffit qu'elle soit vérifiée pour* $n = 2$ *et* 3.

IV. *Pour que la résolvante de* $K = H + L$ *soit égale à la somme des résolvantes de* H *et de* L, *il faut et il suffit que* H *et* L *soient additifs* (1).

V. Si plusieurs noyaux sont additifs entre eux deux à deux, la résolvante de la somme est la somme des résolvantes.

VI. *Si* H *et* L *sont additifs, le déterminant caractéristique de* $H + L$ *est le produit des déterminants caractéristiques de* H *et de* L.

VII. Pour que le *déterminant caractéristique* du noyau $K = A + B$ soit le *produit des déterminants* caractéristiques de A et de B, *il faut et il suffit* que l'on ait, quel que soit $n$,

$$\int_V K^{(n)}(M, M)\, dM = \int_V A^{(n)}(M, M)\, dM + \int_V B^{(n)}(M, M)\, dM.$$

2. Posons en général pour simplifier l'exposition

$$K_1 K_2 \ldots K_n = \int_V \ldots \int_V K_1(M, Q_1) K_2(Q_1, Q_2) \ldots K_n(Q_{n-1}, P)\, dQ_1\, dQ_2 \ldots dQ_n;$$

nous dirons que l'expression précédente est le produit symbolique de $K_1, K_2, \ldots, K_n$.

VIII. *Si* H *et* L *sont deux noyaux additifs, les produits symboliques* HL, LH, HLH, LHL *ne changent pas, si l'on remplace les noyaux* H *et* L *par leurs résolvantes respectives calculées pour la même valeur du paramètre* $\lambda$; par exemple :

$$R(H, \lambda)\, R(L, \lambda) = HL; \qquad R(L, \lambda)\, R(H, \lambda) = LH.$$

Corollaire. — Si deux noyaux H et L sont additifs, leurs résolvantes respectives, calculées pour la même valeur du paramètre $\lambda$, sont aussi additives quel que soit $\lambda$. Donc : étant donné deux noyaux additifs, on peut en déduire une infinité d'autres.

---

(1) Posons

$$R(K, \lambda) = R[K(M, P); \lambda] = \sum_{n=1}^{+\infty} \lambda^{n-1} K^{(n)}(M, P).$$

Nous supposons que cette fonction est holomorphe en $\lambda$ au voisinage de l'origine.

3. Applications à l'équation intégrale de Fredholm :

IX. *Toute solution de l'équation homogène*

$$X(M) = \lambda \int_V [H(M, Q) + L(M, Q)] X(Q) dQ,$$

*où* H *et* L *sont deux noyaux additifs, est une solution d'une et d'une seule des équations*

$$X(M) = \lambda \int_V H(M, Q) X(Q) dQ, \qquad X(M) = \lambda \int_V L(M, Q) X(Q) dQ$$

*et, réciproquement : toute solution d'une des deux dernières équations est une solution de la première.*

X. *Si* H *et* L *sont deux noyaux continus et si* $X_1$ *et* $X_2$ *sont les solutions des équations*

$$X_1(M) = f(M) + \lambda \int_V H(M, Q) X_1(Q) dQ,$$

$$X_2(M) = f(M) + \lambda \int_V L(M, Q) X_2(Q) dQ,$$

*pour que* $Y(M) = X_1(M) + X_2(M) - f(M)$ *soit la solution de l'équation*

$$Y(M) = f(M) + \lambda \int_V [H(M, Q) + L(M, Q)] Y(Q) dQ,$$

*il faut et il suffit que* H *et* L *soient additifs.*

THÉORIE DES GROUPES. — *Une propriété caractéristique des groupes de substitutions linéaires finis.* Note (¹) de M. **André Weil**, présentée par M. Elie Cartan.

Si à tout élément S d'un groupe l'on a fait correspondre une matrice $\mathfrak{M}_S$ à $r$ lignes et $r$ colonnes, de déterminant non nul, de telle sorte que

$$\mathfrak{M}_{S.T} = \mathfrak{M}_S . \mathfrak{M}_T,$$

l'on dit, comme on sait, que l'on a défini une représentation $\mathfrak{D}$ de degré $r$

---

(¹) Séance du 7 mai 1934.

du groupe. Soient $\mathcal{D}$, $\mathcal{D}'$ deux représentations de degrés $r$, $r'$ : si l'on fait subir à une série de variables $x_1, x_2, \ldots, x_r$ la substitution $\mathfrak{M}_S$ de $\mathcal{D}$, à une autre série $y_1, y_2, \ldots, y_{r'}$ la substitution $\mathfrak{M}'_S$ de $\mathcal{D}'$, les produits $x_i$, $y_j$ subiront une transformation $\mathfrak{M}_S \times \mathfrak{M}'_S$ (produit kroneckérien de $\mathfrak{M}_S$ et $\mathfrak{M}'_S$), et les matrices $\mathfrak{M}_S \times \mathfrak{M}'_S$ constituent une représentation $\mathcal{D} \times \mathcal{D}'$ de degré $r.r'$ du groupe, qui est dite le *produit* de $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}'$. D'autre part, les matrices

$$\begin{Vmatrix} \mathfrak{M}_S & 0 \\ 0 & \mathfrak{M}'_S \end{Vmatrix}$$

constituent une représentation $\mathcal{D} + \mathcal{D}'$ de degré $r + r'$, la *somme* de $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}'$. Enfin, $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}'$ sont dites *équivalentes*, et l'on écrit $\mathcal{D} \sim \mathcal{D}'$, si $r = r'$ et s'il existe une matrice C telle que $\mathfrak{M}_S = C.\mathfrak{M}'_S.C^{-1}$ quel que soit S. Si, comme d'habitude, $\chi(S) = Sp(\mathfrak{M}_S)$ désigne la trace de $\mathfrak{M}_S$ ou *caractère* de $\mathcal{D}$, le caractère de $\mathcal{D} \times \mathcal{D}'$ sera $\chi(S).\chi'(S)$, celui de $\mathcal{D} + \mathcal{D}'$ sera $\chi(S) + \chi'(S)$; enfin, si $\mathcal{D} \sim \mathcal{D}'$, $\chi(S) = \chi'(S)$.

Si alors on ne distingue pas entre représentations équivalentes, les représentations d'un groupe forment une algèbre sur l'anneau des entiers rationnels. En particulier, si le groupe est fini, on démontre que toutes les représentations sont des combinaisons linéaires, à coefficients entiers, d'un nombre fini d'entre elles : d'où il suit que toute représentation $\mathcal{D}$ satisfait à une équation $\mathcal{D}^m + a_1 \mathcal{D}^{m-1} + \ldots + a_m.1 \sim 0$ à coefficients entiers rationnels. Cette équation signifie que, si l'on fait passer dans le second membre tous les termes à coefficient négatif, les deux membres sont des représentations équivalentes : il faut entendre naturellement que chaque membre est alors *somme* (au sens défini plus haut) de termes $\mathcal{D}^k$, $\mathcal{D}^k$ désignant le *produit* de $k$ facteurs $\mathcal{D} \times \mathcal{D} \times \ldots \times \mathcal{D}$; 1 est la représentation identique ($r = 1$, $\mathfrak{M}_S = 1$). D'ailleurs on peut supposer que les matrices $\mathfrak{M}_S$ sont *unitaires-orthogonales* (nous dirons simplement *orthogonales*), c'est-à-dire que les substitutions linéaires définies par ces matrices conservent la forme hermitienne $x_1\bar{x}_1 + x_2\bar{x}_2 + \ldots + x_r\bar{x}_r$ : car on démontre que toute représentation d'un groupe fini est équivalente à une telle représentation.

Mais considérons un instant le groupe de toutes les substitutions linéaires orthogonales à $r$ variables : les matrices $\mathfrak{M}$ qui en sont les éléments en constituent une représentation $\mathcal{D}_0$, la plus simple de toutes; si $f(x)$ est un polynome à coefficients positifs, $f(\mathcal{D}_0)$, au sens défini tout à l'heure, en est une autre, de degré $f(r)$. Soit $f < \mathfrak{M} >$ la matrice, à $f(r)$ lignes et $f(r)$ colonnes, que $f(\mathcal{D}_0)$ fait correspondre à l'élément $\mathfrak{M}$ du groupe

orthogonal (¹). On aura

$$f < \mathfrak{M}\mathfrak{M}' > = f < \mathfrak{M} > . f < \mathfrak{M}' >, \tag{1}$$

cette égalité exprimant que $f(\mathcal{D}_0)$ est une représentation. De plus, le caractère de $f(\mathcal{D}_0)$ sera $\mathrm{Sp} f < \mathfrak{M} > = f(\mathrm{Sp}\,\mathfrak{M})$.

Cela posé, nous allons d'abord retrouver le résultat indiqué plus haut. Soit $\mathcal{D}$ une représentation d'un groupe fini, qui fasse correspondre à l'élément S la matrice (orthogonale) $\mathfrak{M}_S$; les traces $\mathrm{Sp}(\mathfrak{M}_S) = \chi(S)$ sont des nombres algébriques, à savoir des sommes de racines de l'unité. Soit $F(x) = 0$ l'équation à coefficients entiers de plus bas degré qui ait pour racines tous les $\chi(S)$; et soit $F(x) = f(x) - g(x)$, $f$ et $g$ étant des polynomes à coefficients entiers positifs. Alors, les représentations $f(\mathcal{D})$, $g(\mathcal{D})$ du groupe, constituées par les matrices $f < M_S >$, $g < \mathfrak{M}_S >$, auront même caractère $f[\chi(S)] = g[\chi(S)]$, *et l'on sait que dans ce cas elles sont équivalentes :*

$$f < \mathfrak{M}_S > = C . g < \mathfrak{M}_S > . C^{-1}, \tag{2}$$

ce qui signifie précisément que $\mathcal{D}$ satisfait à l'équation $F(\mathcal{D}) \sim 0$.

Tout cela est bien connu. Mais je me propose de démontrer que réciproquement, *si un groupe possède une représentation $\mathcal{D}$ de degré $r$ par des matrices orthogonales, qui satisfasse à une équation algébrique* $F(\mathcal{D}) \sim 0$, *$\mathcal{D}$ ne se compose que d'un nombre fini de matrices distinctes :* si donc la représentation est isomorphe, *le groupe est fini*. Par hypothèse, en effet, on aura une équation (2), C étant une matrice fixe. Il nous suffit donc de démontrer que l'équation

$$f < \mathfrak{M} > = C . g < \mathfrak{M} > . C^{-1} \tag{3}$$

ne peut être satisfaite, C étant fixe, que par un nombre fini de matrices orthogonales $\mathfrak{M}$ de degré $r$.

Or, d'après (1), les matrices solutions de (3) forment un groupe; celui-ci se trouve défini par les équations (3), et par celles qui expriment que $\mathfrak{M}$ est orthogonale, équations toutes algébriques par rapport aux $2r^2$ paramètres réels dont dépend $\mathfrak{M}$; la variété du groupe se compose donc d'un nombre fini de variétés algébriques irréductibles; d'ailleurs le groupe est clos, en

(¹) Cette matrice n'a, bien entendu, rien de commun avec la matrice $f(\mathfrak{M})$ à $r^2$ éléments qui s'obtient à partir de $\mathfrak{M}$ en formant les sommes et les produits au sens de l'algèbre des matrices.

vertu de l'orthogonalité. S'il avait une composante connexe qui ne se réduisît pas à un point, il en aurait une aussi qui contiendrait la matrice unité : ce serait un groupe clos, dont les matrices $\mathfrak{M}$ constitueraient une représentation évidemment isomorphe. Mais le caractère $\chi(\mathfrak{M}) = \mathrm{Sp}(\mathfrak{M})$ de cette représentation est racine de l'équation algébrique $f(\chi) - g(\chi) = 0$: il n'est donc susceptible que de valeurs discrètes, et reste constant sur toute composante connexe du groupe. Or l'on sait que sur un groupe clos, en vertu des relations d'orthogonalité qui lient les caractères, il n'y a d'autre représentation à caractère constant que celle qui consiste en la seule matrice unité. Le groupe ne peut donc se composer que de points discrets en nombre fini, et le théorème est démontré.

*Remarques de M.* **Élie Cartan** *au sujet de la Communication précédente.*

La Note de M. Weil, en dehors des considérations sur l'Algèbre des représentations linéaires d'un groupe abstrait, contient le résultat remarquable qu'un groupe unitaire dont l'ensemble des traces est fini est lui-même fini. On peut donner de ce théorème une démonstration directe qui s'applique sans modification au théorème plus général suivant :

*Si dans l'ensemble des valeurs distinctes que prennent les traces des substitutions d'un groupe linéaire unitaire* G *à r variables, la trace r de la substitution identique est isolée, le groupe est fini.*

En effet soit $\overline{G}$ le groupe de fermeture de G, formé des opérations de G et de leurs éléments d'accumulation, et soit $\overline{g}$ la partie connexe de $\overline{G}$ contenant la substitution identique. $\overline{G}$ est un groupe clos ([1]) formé d'un nombre fini de familles connexes. L'ensemble $\overline{E}$ des traces de $\overline{G}$ est l'ensemble de fermeture de l'ensemble E des traces de G; la trace $r$ est donc un élément isolé de $\overline{E}$; par suite les substitutions de $\overline{g}$ ont la trace constante $r$, ce qui n'est possible, $\overline{g}$ étant un groupe clos, que si $\overline{g}$ se réduit à l'opération identique : $\overline{G}$, et par suite G est donc fini.

Il ne suffit pas pour la validité du théorème que l'ensemble E contienne

---

([1]) E. Cartan, *La théorie des groupes finis et continus et l'*Analysis situs (*Mém. Sc. math.*, fasc. 42, 1930, n° 27, p. 24).

un élément isolé, comme le montre l'exemple du groupe infini

$$x' = e^{i\theta}x, \qquad y' = \pm e^{i\theta}y.$$

dont les traces sont $2e^{i\theta}$ et o.

Néanmoins *le théorème reste vrai si le groupe* G *est irréductible et si l'ensemble de ses traces contient un élément isolé non nul.* En effet si G était infini, $\bar{g}$ n'admettrait aucun invariant linéaire, sinon $\overline{G}$ transformerait linéairement entre eux ces invariants linéaires par un groupe fini et $\overline{G}$, étant irréductible, se réduirait à ce groupe fini. Soit alors $a$ la trace isolée, qui est la trace commune de toutes les substitutions d'une partie connexe de $\overline{G}$. Soient $a_{ij}$ les coefficients d'une de ces substitutions, $m_{ij}$ ceux d'une substitution variable de $\bar{g}$, on aura

$$\sum_{i,j} a_{ji}\, m_{ij} = a;$$

or cette relation n'est possible que si $a$ est nul, parce que la valeur moyenne de chaque coefficient $m_{ij}$ dans la variété de $\bar{g}$ est nulle. Il y a donc contradiction.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions entières et méromorphes de deux variables complexes.* Note [1] de M. **Stefan Bergmann**, transmise par M. Élie Cartan.

Soit $f(z_1, z_2)$ une fonction méromorphe dans un domaine $\mathfrak{B}$. Nous désignons comme *variété-zéro de f par rapport à* $\mathfrak{B}$ la partie $\mathfrak{N}^2$ [2], située dans $\mathfrak{B}$ d'une variété analytique $\psi(z_1, z_2) = 0$ sur laquelle $f$ s'annule, au plus à l'exception d'un ensemble dénombrable de points, où $f$ possède des singularités non essentielles de deuxième espèce. Lorsque $\psi$ est régulier dans $\mathfrak{B}$, et $f/\psi$ est régulier en chaque point de $\mathfrak{N}^2$, sauf sur l'ensemble indiqué, on dit que $\psi$ est une *fonction-zéro de f dans* $\mathfrak{B}$ [3].

---

(1) Séance du 7 mai 1934.

(2) $\mathfrak{N}^2$ n'est pas nécessairement connexe. L'indice supérieur $p$ ($p < 4$) désigne le nombre de dimension de la variété considérée.

(3) Les notions de variété-zéro et de fonction-zéro pour une fonction régulière ont été introduites dans le travail : *a*, *Proc. de kon. Akad. v. Wet. Amsterdam*, 35, 1932, p. 1188. Voir à ce sujet aussi: *b*, *Math. Ann.*, 109, 1934, p. 324, et *c*, H. Behnke et P. Thullen, *Math. Ann.*, 109, 1934, p. 313.

Les deux problèmes, qui se posent tout d'abord sont :

I. Étant donné une suite de fonctions $n_s$, $s = 1, 2, \ldots$, régulières dans $\mathfrak{B}$, existe-t-il une fonction régulière dans $\mathfrak{B}$ possédant les $n_s$ et seulement les $n_s$ [1] comme fonctions-zéros et appartenant à une classe bien déterminée (par exemple par sa croissance lorsqu'on s'approche de la frontière) ?

II. Étant donné une fonction $f$ méromorphe dans $\mathfrak{B}$, qu'est-ce qu'on peut dire sur ses fonctions-zéros et variétés-zéros ?

I. 1. Soient $\mathfrak{B}$ un domaine univalent situé tout entier à distance finie et $\mathfrak{B}_m$ une suite de domaines croissants, qui tendent vers $\mathfrak{B}$. A chaque fonction $n$ régulière dans $\mathfrak{B}$ correspond une fonction $\nu^{\mathfrak{G}}$ [*fonction normée par rapport à* $\mathfrak{G}$ [2]] régulière dans $\mathfrak{G}$, $\mathfrak{G} \subset \mathfrak{B}$, qui diffère de $n$ seulement par un facteur régulier et ne s'annulant pas dans $\mathfrak{G}$. $\nu^{\mathfrak{G}}$ possède les propriétés suivantes : 1° on a $\int_{\mathfrak{G}} \log|\nu^{\mathfrak{G}}| . \mathrm{H}\, d\omega = 0$, pour chaque H biharmonique, régulier dans $\mathfrak{B}$ ; 2° le produit des fonctions normées est aussi normé ; 3° si $\nu^{\mathfrak{G}}$ est la fonction normée de $n$, on a $\int_{\mathfrak{G}} (\log|\nu^{\mathfrak{G}}|)^2\, d\omega \leq \int_{\mathfrak{G}} (\log|n|)^2\, d\omega$.

THÉORÈME. — *Pour qu'il existe une fonction $f$ avec $\int_{\mathfrak{B}} (\log|f|)^2\, d\omega$ fini, possédant les $n_s$ $(s = 1, 2, \ldots)$, et seulement les $n_s$ comme fonctions-zéros il est nécessaire que* $\lim_{m \to \infty} \int_{\mathfrak{B}_m} \left( \sum_{s=1} \log|\nu_s^{\mathfrak{B}_m}| \right)^2 d\omega < \infty$, *et il suffit que*

$$\lim_{m \to \infty} \int_{\mathfrak{B}_m} \left( \sum_{s=1} \log|\nu_s^{\mathfrak{B}}| \right)^2 d\omega < \infty.$$

*$\nu_s^{\mathfrak{B}_m}$ désigne la fonction normée de $n_s$ par rapport* à $\mathfrak{B}_m$, *$\nu_s^{\mathfrak{B}}$ par rapport à* $\mathfrak{B}$.

A chaque $k$ [voir [2]] correspond une classe de fonctions, et nous pouvons (voir *Journal de Crelle*, **169**, 1933, p. 1-42) donner des bornes supérieures de la croissance des fonctions appartenant à chaque classe, lorsqu'on s'approche de la frontière.

2. Considérons le cas, où $\mathfrak{B}$ est l'espace $\mathfrak{R} : |z_k| < \infty$ $(k = 1, 2)$. Soient $h_s$ $(s = 1, 2, \ldots)$ des fonctions entières, $\mathfrak{C}_s : |z_k| < r_{ks}$ le bicylindre le plus grand, dans lequel $\log h_s = \Sigma a_{mn}^{(s)} z_1^m z_2^n$ reste encore régulier, $\mathfrak{F}_s^2 : |z_k| = r_{ks}$ sa variété maximum et $\mathrm{A}_s = \int\int_{\mathfrak{F}_s} |\log h_s(r_{1s} e^{i\varphi_1}, r_{2s} e^{i\varphi_2})|\, d\varphi_1\, d\varphi_2$.

---

[1] Nous entendons naturellement que, ici et dans la suite, les produits de $n_s$ sont aussi des fonctions-zéros.

[2] La définition d'une fonction normée, donnée dans $b$ (p. 334), diffère un peu de celle employée ici. $d\omega$ signifie $dx_1\, dy_1\, dx_2\, dy_2 / \mathrm{K}^k$, où K est la fonction noyau de $\mathfrak{B}$.

THÉORÈME. — *Si* $\lim r_{k_s} = \infty$, *et si les séries* $\sum_{s=1}^{\infty} A_s / r_{k_s}^{p+1}$ *convergent, le produit* $\prod_{s=1}^{\infty} (h_s e^{b_s})$, $b_s = \Sigma a_{mn}^{(s)} z_1^m z_2^n$ (¹) *représente une fonction entière possédant les* $h_s$ *et seulement les* $h_s$ *comme fonctions-zéros dans* $\mathfrak{R}$.

II. Pour développer dans le cas de deux variables une théorie analogue à celle due à MM. Nevanlinna, Valiron et autres pour les fonctions méromorphes d'une variable, concernant les extensions des théorèmes de Hadamard et Picard-Borel, il est utile de considérer des domaines, qui possèdent comme des domaines d'approximation (au sens indiqué dans I-1) ceux avec surface maximum et d'utiliser à la place des fonctions biharmoniques *une classe plus large de fonctions*: la généralisation de quelques théorèmes importants de la théorie d'une variable étant impossible pour un domaine quelconque, on considère les domaines spéciaux, à savoir ceux avec surface maximum, pour lesquels cette surface (à deux dimensions) joue le même rôle que la courbe frontière dans le cas d'une variable (voir *b*, § 1 et § 3).

Dans le cas où les domaines d'approximation sont des bicylindres, les fonctions *doublement harmoniques* (en abrégé d.-h.), c'est-à-dire fonctions réelles H, satisfaisant à $\partial^2 H/\partial x_k^2 + \partial^2 H/\partial y_k^2 = 0$, $k = 1, 2$ forment une telle classe plus large. On désigne comme fonction de Green d.-h. appartenant à $n$ ($n$ régulier dans $\mathfrak{E}$ : $|z_k| < r_k$ et ne s'annulant pas sur $\mathfrak{F}^2$ : $|z_k| = r_k$) une fonction réelle $\Gamma(z_1, z_2; n)$ telle que : 1° $\Gamma(z_1, z_2; n) + \log|n(z_1, z_2)|$ soit régulier d.-h. dans $\mathfrak{E}$; 2° $\Gamma(z_1, z_2; n)$ s'annule sur $\mathfrak{F}^2$.

THÉORÈME. — *Soient* $p_s$ ($s = 1, 2, 3, \ldots, l$) *les fonctions pôles et* $n_s$ ($s = 1, 2, 3, \ldots, q$) *les fonctions-zéros de* $f[f(0,0) \neq 0, \neq \infty]$ *méromorphe dans* $\mathfrak{E}$. *On a alors dans* $\mathfrak{E}$

$$\log|f(z_1, z_2)| \leqq \max_{\text{sur}\,\mathfrak{F}^2}[\log|f(z_1, z_2)|] + \sum_{s=1}^{l} \Gamma(z_1, z_2; p_s) - \sum_{s=1}^{q^*} \Gamma(z_1, z_2; n_s), \qquad q^* \leqq q;$$

$$\log|f(\rho_1 e^{i\vartheta_1}, \rho_2 e^{i\vartheta_2})| = \sum_{s=1}^{s-l} \Gamma(z_1, z_2; p_s) - \sum_{s=1}^{q} \Gamma(z_1, z_2; n_s)$$
$$+ \frac{1}{4\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \log|f(r_1 e^{i\varphi_1}, r_2 e^{i\varphi_2})| \prod_{k=1}^{2} P(r_k, \rho_k; \varphi_k - \vartheta_k)\, d\varphi_1\, d\varphi_2;$$
$$P(r, \rho, t) = (r^2 - \rho^2)/(r^2 + \rho^2 - 2r\rho\cos t).$$

---

(¹) $\Sigma$ désigne ici la sommation faite lorsque $(m, n)$ prennent les valeurs (0, 0), (1, 0), (0, 1), ...; $(p, 0)$, $(p-1, 1)$, ..., $(0, p)$.

CINÉMATIQUE. — *Sur les rotations isoconiques.*
Note de M[lle] M. **Renata Fabbri**, présentée par M. Henri Villat.

1. On peut classiquement réaliser (dans un intervalle de temps donné) tout mouvement de rotation d'un solide autour d'un point fixe O, en faisant rouler sans glissement un certain cône C de sommet O, lieu des axes instantanés dans le corps sur un autre cône Γ de même sommet, lieu des axes instantanés dans l'espace.

Un cas particulier qui me paraît digne d'attention est celui où les deux cônes indéfinis C et Γ sont égaux. D'une manière précise, soient $C_1$ le demi-cône lieu dans le corps des demi-droites portant à chaque instant les vitesses angulaires $\vec{\omega}$, et $\Gamma'_1$ le demi-cône *symétrique*, dans l'espace, du cône $\Gamma_1$ $\left(\Gamma'_1\right.$ est le lieu des demi-droites portant $\left.-\vec{\omega}\right)$.

J'appellerai *isoconiques* les rotations pour lesquelles il y a *égalité directe* (c'est-à-dire qu'il s'agit de deux figures superposables) entre $C_1$ et $\Gamma'_1$.

Soient $Oz$ une droite (orientée) quelconque du solide, issue de O, et $O\zeta$ a demi-droite homologue dans la correspondance des deux figures directement égales $C_1$ et $\Gamma'_1$. Évidemment les composantes $r$ et $\sigma$ de $\vec{\omega}$ suivant $Oz$ et $O\zeta$ seront à tout instant égales et opposées.

Je me propose de montrer que l'égalité

$$(1) \qquad r+\rho=0$$

(pour toute valeur de $t$) est *non seulement nécessaire, mais aussi suffisante pour que la rotation soit isoconique.*

La démonstration est très simple, comme on va voir.

Qu'il me soit permis de faire remarquer avant même de l'aborder : 1° que si l'on envisage une sphère quelconque de centre O invariablement liée au solide, celle-ci glisse sur une sphère fixe et les intersections de C et $\Gamma'_1$ avec la surface sphérique commune aux deux sphères nous donnent deux roulettes égales. Les distances sphériques du centre instantané $\mathfrak{I}$ des points $\mathfrak{Z}$ et Z où les droites $Oz$ et $O\zeta$ percent la surface sphérique seront égales d'après (1). D'où ce corollaire, que cette seule condition suffit pour l'égalité des roulettes sphériques.

2° On serait tenté de croire qu'une propriété analogue subsiste pour le plan, c'est-à-dire que les deux roulettes sont égales si à tout instant le

centre instantané $\mathcal{J}$ est à la même distance d'un point fixe et d'un point lié à la figure mobile. Mais *il n'en est rien*. Dans ce cas (à cause de la structure différente du groupe des mouvements) l'égalité des roulettes exige *deux* conditions (tandis que pour la sphère une seule suffit). On pourrait se rendre compte de ce qui arrive dans le plan, par des considérations géométriques directes, tout à fait élémentaires.

2. Pour démontrer le théorème énoncé, partons de l'hypothèse que l'équation (1) soit satisfaite à tout instant.

Associons à l'axe $Oz$ deux autres axes $Ox$ et $Oy$, invariablement liés au solide, formant un trièdre orthogonal, et soit de même $O\xi\eta\zeta$ un trièdre de l'espace dont une arête soit $O\zeta$. Soient $\theta$, $f$, $\varphi$ les angles bien connus de Euler-Kirchhoff (voir par exemple Kirchhoff, *Mechanik*, 5[e] Leçon), dotés de la propriété que l'échange des deux angles $f$ et $\varphi$ équivaut à intervertir le rôle des deux trièdres et, par conséquent, à échanger $\vec{\omega}$ avec $-\vec{\omega}$, et, en particulier, les trois composantes $p$, $q$, $r$ de $\vec{\omega}$ suivant $Oxyz$, avec les trois composantes $-\pi$, $-\chi$, $-\rho$ de $-\vec{\omega}$ suivant $O\xi\eta\zeta$.

On a les identités

$$\frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \operatorname{tang} f; \qquad \frac{\beta_3}{\alpha_3} = \operatorname{tang} \varphi, \tag{2}$$

en désignant, comme d'habitude, par $\gamma_1 = \sin\theta \cos f$, $\gamma_2 = \sin\theta \sin f$, $\gamma_3 = \cos\theta$ les cosinus directeurs de $O\zeta$ par rapport à $Oxyz$, et par $\alpha_3 = \sin\theta\cos\varphi$, $\beta_3 = \sin\theta \sin\varphi$, $\gamma_3 = \cos\theta$ les cosinus directeurs de $Oz$ par rapport à $O\xi\eta\zeta$.

En dérivant les (2) par rapport au temps et en tenant compte des formules de Poisson

$$\dot{\gamma}_1 = \gamma_2 r - \gamma_3 q, \qquad \dot{\gamma}_2 = \gamma_3 p - \gamma_1 r; \qquad \dot{\alpha}_3 = \chi\gamma_3 - \rho\beta_3, \qquad \dot{\beta}_3 = -(\pi\gamma_3 - \rho\alpha_3),$$

il s'ensuit

$$\dot{f} = \frac{-r + \rho\gamma_3}{1 - \gamma_3^2}, \qquad \dot{\varphi} = \frac{\rho - r\gamma_3}{1 - \gamma_3^2}.$$

Il est maintenant évident que si $r = -\rho$, on a $\dot{\varphi} = \dot{f}$, ce qui entraîne $\varphi = f$, pourvu qu'on prenne soin d'orienter d'une manière convenable le couple $O\xi\eta$ autour de $O\zeta$. Les cônes indéfinis C et $\Gamma$ sont par conséquent égaux, et d'une manière précise les deux demi-cônes portant la rotation $\vec{\omega}$ dans le corps et dans l'espace sont *symétriques*.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la présence des raies interdites de* Ne V *dans le spectre des nébuleuses*. Note (1) de MM. **P. Swings** et **B. Edlén**, présentée par M. Ch. Fabry.

Boyce, Menzel et Payne (2) ont montré que les trois raies λλ 3967,6, 3868,8 et 3342 Å des nébuleuses et novæ sont dues aux transitions interdites $^3P_1 - {}^1D_2$, $^3P_2 - {}^1D_2$ et $^1D_2 - {}^1S_0$ de l'atome Ne III dans la configuration $2s^2 2p^4$; les arguments en faveur de cette identification la rendent presque certaine. Les mêmes auteurs ont suggéré que la raie λ 4726 Å observée dans *N. G. C.* 7027, dans *Nova Pictoris* et dans *Nova Persei* pourrait être la transition « aurorale » interdite $^2D^0 - {}^2P^0$ de Ne IV. Cette identification est plus discutable; la transition devrait en effet avoir une structure double observable.

Un résultat nouveau et intéressant peut être obtenu en partant de Ne V. On peut estimer, en partant de la loi des doublets irréguliers, la position des deux raies nébulaires $^3P_2 - {}^1D_2$ et $^3P_1 - {}^1D_2$; on trouve

$$^3P_2 - {}^1D_2 : \lambda = 3423,2 \pm 5 \text{ Å}, \qquad ^3P_1 - {}^1D_2 : \lambda = 3343,5 \pm 5 \text{ Å}.$$

Quant à l'écartement $\Delta\nu$ de ces deux raies (différence $^3P_1 - {}^3P_2$), on peut en faire une estimation assez précise par la loi des doublets réguliers, comme l'illustre le tableau suivant (3) :

| | $\Delta\nu(^3P_1 - {}^3P_2)$. | $\sqrt[4]{\Delta\nu}$. | Différences. |
|---|---|---|---|
| C I | 27,5 cm$^{-1}$ | 2,290 | |
| | | | 0,721 |
| N II | 82,2 | 3,011 | |
| | | | 0,718 |
| O III | 193,4 | 3,729 | |
| | | | 0,706 |
| F IV | 387 (±2) | 4,435 | |
| | | | 0,702 |
| Ne V | (696±5) | (5,137) | |
| | | | 0,702 |
| Na VI | 1162±5 | 5,839 | |

Effectivement, on observe dans certaines nébuleuses (4) les deux raies

(1) Séance du 30 avril 1934.

(2) *Proc. Nat. Acad. of Sciences*, 19, 1933, p. 581.

(3) Les nombres entre parenthèses sont des valeurs « estimées », les autres des nombres observés.

(4) W. H. Wright, *loc. cit.*

$\lambda$ 3346 et 3426,2; le $\Delta\nu$ observé est 699 cm$^{-1}$, alors que le $\Delta\nu$ théorique est $696 \pm 5$ cm$^{-1}$. D'ailleurs le rapport des intensités théoriques de ces deux raies est, d'après E. U. Condon (1),

$$\frac{I(3346)}{I(3426)} = \frac{1}{3}.$$

Dans les nébuleuses où ces deux raies ont été observées, les « estimations » suivantes d'intensités ont été faites par W. H. Wright :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| I(3346)........................ | 2 | 5 | 8 | 11 |
| I(3426)........................ | 6 | 50 | 20 | 35 |

L'accord des intensités est donc également parfait.

Les deux raies ont aussi été observées par H. H. Plaskett dans le spectre de Z. Andromedæ (2) et 3426 l'a été par Wright (3) dans le spectre de Nova Ophiuchi (en 1920).

I. S. Bowen (4) avait suggéré l'identification probable des deux raies nébulaires avec les transitions permises $3m^2P - 3n^2D$ de O IV et $3^3S - 3^3P$ de N IV. L'examen des tableaux récents (5) de raies de O IV et N IV montre aisément que cette tentative d'identification n'est pas permise; il semble bien aussi qu'aucune autre transition permise des éléments légers ne puisse rendre compte des deux raies nébulaires; d'ailleurs, Eddington a montré (6) que, dans les nébuleuses, les raies « interdites » doivent être fortes en comparaison des raies ordinaires.

Les deux raies 3426,2 et 3346 ne s'observent que dans les nébuleuses où l'excitation est la plus intense, comme l'a indiqué I. S. Bowen (7); celui-ci a déjà signalé aussi que, de toutes les raies nébulaires, ce sont celles-ci qui manifestent le plus fortement une augmentation d'intensité lorsque l'excitation augmente. Ceci est d'ailleurs conforme avec le fait d'observation suivant : lorsqu'on photographie au prisme-objectif une nébuleuse dont le spectre présente des raies 3426 et 3346, les diamètres des images monochromatiques de longueurs d'onde 3426 et 3346 sont plus petits que ceux

(1) *Ap. J.*, **79**, 1934, p. 232.
(2) *Domin. Astroph. Observ. Public.*, **4**, 1928, p. 131.
(3) *Publ. Lick Observ.*, 1re série, **14**, 1920, p. 24.
(4) *Ap. J.*, **67**, 1928, p. 1.
(5) B. Edlén, *Nova Acta R. Soc. Sc. Upsaliensis*, 4e série, **9**, n° **6**, 1934, p. 1-153.
(6) *Monthly Notices of the R. A. S.*, **88**, 1927, p. 134.
(7) Bowen, *loc. cit.*

des autres images. Ceci indique que ces raies sont émises dans la portion centrale de la nébuleuse, c'est-à-dire là où la température, et, par conséquent, l'ionisation est la plus élevée.

Il semble bien que les raies d'émission de Ne V correspondent à la plus forte ionisation observée jusqu'ici dans les nébuleuses. On a cependant déjà observé des ionisations analogues dans le cas des étoiles de Wolf-Rayet; B. Edlén (¹) a, notamment, montré que certains spectres de Wolf-Rayet présentent des raies d'émission de N V et O VI. Pour N et O, les potentiels d'ionisation successifs sont (en volts) :

N I : 14,46; N II : 29,44; N III : 47,20; N IV : 77,04; N V : 97,40;

O I : 13,55; O II : 34,94; O III : 54,62; O IV : 77,03; O V : 113,30; O VI : 137,42.

Pour le néon, les potentiels d'ionisation successifs sont :

Ne I : 21,47; Ne II : 40,9; Ne III : 63,2; Ne IV : (96,6); Ne V : (125,7).

Les valeurs correspondant à Ne IV et Ne V résultent d'extrapolations; l'approximation est probablement de l'ordre de 1 volt.

Il semble bien que pour obtenir l'émission de Ne V, la température minimum doive être de l'ordre de 100000° (²).

MÉCANIQUE. — *Sur une nouvelle définition des forces d'asservissement.* Note de M. **R. Mazet**, présentée par M. Henri Villat.

La notion de *liaison d'asservissement* a été introduite par M. Beghin (³). Rappelons sa définition dans le cas d'un système à deux paramètres $p$ et $q$ comportant une liaison de cette sorte $p = \varphi(q)$. On entend par là que les forces directement appliquées se répartissent en deux groupes :

1° l'ensemble habituel des *forces données* $\Sigma F$, suffisamment définies en fonction de $p, q, p', q', t$ par la somme de leurs travaux virtuels pour $dp$, $dq$ arbitraires

$$d\mathcal{E}(\Sigma F) = P(p, q, p', q', t)\,dp + Q(p, q, p', q', t)\,dq;$$

2° un ensemble de forces $\Sigma F'$ appelées *forces d'asservissement*, inconnues, mais dont on sait deux choses :

(¹) *Zeits. für Astrophysik*, 7, 1933, p. 378.

(²) C. H. Payne, *Zeits. für Astrophysik*, 7, 1933, p. 1.

(³) P. Appell, *Mécanique*, 2, p. 395-410 (Gauthier-Villars, 1931).

*a*. qu'elles sont à chaque instant *exactement dosées* pour réaliser entre les paramètres $p$ et $q$ du mouvement la relation $p = \varphi(q)$ [relation (1)];

*b*. que la somme de leurs travaux virtuels est nulle pour les déplacements d'un groupe connu : $\alpha\, dp + \beta\, dq = 0$, soit pour $dp = 0$; elle est alors de la forme

$$d\mathfrak{T}(\Sigma F') = R(p, q, p', q', t)\, dp,$$

mais on ne connaît pas R, *qui dépend évidemment de* P *et de* Q.

Si une fonction R répond à la question, toute fonction qui se réduit à R, lorsqu'on tient compte de (1), y répond également, en particulier

$$R + \rho[p - \varphi(q)],$$

$\rho$ étant une fonction arbitraire (finie) de $p$, $q$, $p'$, $q'$, $t$.

Nous allons montrer que l'on peut réaliser la liaison d'asservissement d'une manière toute différente, au moyen de forces $\Sigma F'$ *bien définies à l'avance au même titre que les forces* $\Sigma F$ *et indépendantes de celles-ci*. Cette réalisation ne sera, à vrai dire, qu'*approchée*, mais *d'aussi près qu'on le voudra*.

Soit (M) le mouvement que prend le système à partir des valeurs $q_0$, $q'_0$, quand les forces $\Sigma F'$ sont exactement dosées pour réaliser, à chaque instant, la relation (1). Remplaçons l'expression R ainsi définie par

$$R + \rho[p - \varphi(q)] + \psi,$$

$\rho$ et $\psi$ étant des fonctions provisoirement arbitraires de $p$, $q$, $p'$, $q'$, $t$. Le mouvement du système, à partir de conditions initiales quelconques, est défini par les équations de Lagrange relatives aux paramètres *indépendants* $p$ et $q$. En posant $p = \varphi(q) + \varepsilon$ et supposant, pour simplifier, les liaisons ordinaires holonomes et indépendantes du temps, on obtient, pour déterminer $q$ et $\varepsilon$, un système différentiel de la forme :

$$aq'' + b\varepsilon'' + l\,q'^2 + m\,q'\varepsilon' + n\,\varepsilon'^2 = P + R + \rho\varepsilon + \psi, \tag{2}$$

$$\alpha q'' + \beta e'' + \lambda q'^2 + \mu\, q'\varepsilon' + \nu\,\varepsilon'^2 = Q, \tag{3}$$

$a$, $b$, ..., $n$, $\alpha$, $\beta$, ..., $\nu$ étant des fonctions connues de $q$, $\varepsilon$ et P, Q, R, $\rho$, $\psi$ des fonctions connues de $q$, $\varepsilon$, $q'$, $\varepsilon'$, $t$.

Cherchons à quelles conditions le système (2), (3) définit, à partir des valeurs $q_0$, $q'_0$, $\varepsilon_0 = 0$, $\varepsilon'_0 = 0$, *un mouvement* (M') *infiniment voisin de* (M) *quant aux positions et aux vitesses :* (M) étant défini par $q = q_1(t; q_0, q'_0)$, il est aisé de voir, eu égard à la signification de R [qui rend, par hypothèse, (2) et (3) compatibles en $q''$ lorsqu'on y fait $\varepsilon \equiv \psi \equiv 0$], que, si ce mouve-

ment existe, les infiniment petits $\varepsilon$ et $q - q_1 = \eta$ vérifient, en posant

$$\omega = \frac{\alpha m - a\mu}{\alpha b - a\beta}, \qquad \gamma = \frac{\alpha}{\alpha b - a\beta},$$

le système linéaire

$$(4) \qquad \varepsilon'' + \omega_1 q'_1 \varepsilon' = \gamma_1(\rho_1 \varepsilon + \psi_1),$$

$$(5) \qquad \alpha_1 \eta'' + \beta_1 \varepsilon'' + 2\lambda_1 q'_1 \eta' + \mu_1 q'_1 \varepsilon' = 0$$

(les indices 1 signifiant que l'on a fait $\varepsilon = \varepsilon' = 0$ et $q = q_1$, $q' = q'_1$ dans les fonctions correspondantes).

Admettons cette condition comme suffisante (elle l'est dans certains cas). La solution du système (4-5) correspondant aux valeurs initiales $\varepsilon_0 = \eta_0 = \varepsilon'_0 = \eta'_0 = 0$ pourra être infiniment petite dans deux cas :

1° *si* $\rho_1$ *est quelconque et* $\psi_1$ *infiniment petit;* remarquons qu'à la limite, pour $\psi_1 \equiv 0$, on a bien $\varepsilon \equiv \eta \equiv 0$ (cas de M. Beghin);

2° *si* $\psi_1$ *est quelconque et* $\rho_1$ *infiniment grand.*

Étudions cette dernière hypothèse : on peut, dans (4), négliger le terme en $\varepsilon'$; on voit en outre que $\gamma\rho_1$ *doit être négatif.* Prenons $\rho = -k^2/\gamma$, $k$ étant une constante extrêmement grande. L'équation (4) se réduit à

$$(4') \qquad \varepsilon'' + k^2 \varepsilon = \gamma_1 \psi_1,$$

dont l'intégrale

$$\varepsilon \sim \left(\frac{1}{k^2}\right)(\gamma_1 \psi_1 - \gamma_0 \psi_0 \cos kt)$$

est bien infiniment petite, ainsi que $\varepsilon'$.

On tire ensuite de (5), réduite à $\alpha_1 \eta'' + \beta_1 \varepsilon'' = 0$, une solution en $\eta$ de même forme.

Comme $\psi_1$ est arbitraire, on peut prendre $\psi = -$ R. Les forces d'asservissement sont alors définies par leur travail virtuel

$$d\mathfrak{T}(\Sigma F') = -\left(\frac{k^2}{\gamma}\right)[p - \varphi(q)]\, dp,$$

*au même titre que les forces* $\Sigma$F. On pourra les demander à un *moteur d'asservissement* construit une fois pour toutes, indépendamment des forces données, et dont le rôle sera d'exercer sur $p$ une contrainte théoriquement infinie sitôt que $p - \varphi(q)$ cessera d'être nul.

Le problème est ainsi ramené à un problème ordinaire. La méthode de M. Beghin s'y trouve encore parfaitement justifiée : Écrire l'équation de

Lagrange relative au paramètre $q$ (puisqu'on peut le faire sans introduire $\Sigma F$); remplacer l'autre par l'équation (1) à laquelle elle se réduit pour $k$ infini. Il est aisé de généraliser à un nombre quelconque de paramètres et de liaisons d'asservissement.

La plupart des exemples concrets d'asservissement appartiennent à cette catégorie. Pratiquement, $k$ n'est pas infini, mais simplement très grand. C'est ce qui explique le mouvement *tremblé* que l'on observe (mouvement M').

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les variations locales brusques de la densité dans les fluides en mouvement.* Note de M. **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Nous considérons un milieu continu en mouvement, limité extérieurement par une surface cylindrique indéformable S (à distance finie ou infinie) et au sein duquel on a constaté, en certains points, de brusques variations de densité dans les conditions suivantes : à l'instant $t_0$ il existe une surface L divisant le domaine intérieur à S en deux domaines distincts $D_1$ et $D_2$; à l'intérieur de chacun de ces domaines les fluides peuvent être considérés comme incompressibles et en mouvement irrotationnel; au passage à travers L on constate une brusque variation dans la densité $[\delta\rho = \rho_1 - \rho_2]$. En général, la surface L change de forme et de position au cours du temps, dans l'espace absolu repéré au moyen du trièdre $T_0(OX_1X_2X_3)$ et dans l'espace lié à la surface S, espace défini par le trièdre $T_1(Ox_1x_2x_3)$. A un instant $t$, S et L sont représentées par

$$(1)\,(2) \qquad S(x_1, x_2, x_3, t) = 0, \qquad L(x_1, x_2, x_3, t) = 0.$$

Nous nous proposons d'étudier les mouvements pour lesquels la déformation de la surface L se réduit à une petite oscillation, autour d'une position moyenne $L_0(x_1, x_2, x_3) = 0$. Une première étape du calcul consiste à déterminer les éléments des mouvements qui correspondent à la stabilité par rapport à S de la surface de discontinuité des densités.

En dehors des trièdres $T_0$ et $T_1$ nous aurons à considérer une famille de trièdres mobiles attachés aux points qui constituent le milieu en mouvement. A l'instant $t$ le trièdre relatif au point $M(x)$ du domaine D sera défini par les vecteurs unitaires $\vec{s}_1(M, t)$, $\vec{s}_2(M, t)$, $\vec{s}_3(M, t)$ dirigé suivant la tangente, la normale principale et la binormale à la

ligne de flux qui passe en ce point à l'instant considéré. Le mouvement de $T_1$ par rapport à $T_0$ sera en outre défini par le vecteur rotation $\vec{\omega}(t)$ dont les composantes suivant les axes de $T_1$ sont $\omega_1$, $\omega_2$, $\omega_3$ et par l'accélération $\vec{\gamma}(t)$ du point O dont les composantes sont $\gamma_1(t)$, $\gamma_2(t)$, $\gamma_3(t)$.

Ceci posé, nous désignerons par F et G les deux fonctions

$$(3)\quad F(x_1, x_2, x_3, t) = \Omega(x_1, x_2, t) - 2\omega_1(t)\,x_1x_3 - 2\omega_2(t)\,x_2x_3 + \omega_3(t)\,\frac{x_1^2+x_2^2}{2},$$

$$(4)\quad \begin{aligned} G = \omega_2^2x_1^2 + \omega_1^2x_2^2 - 3(\omega_1^2+\omega_2^2)x_3^2 + 2\left(\omega_2\omega_3 - \frac{d\omega_1}{dt}\right)x_2x_3 \\ + 2\left(\omega_3\omega_1 + \frac{d\omega_2}{dt}\right)x_3x_1 - 2\omega_1\omega_2x_1x_2. \end{aligned}$$

où $\Omega$ est harmonique en $x_1x_2$ à l'intérieur d'une section plane de D, parallèle à $x_3 = 0$ (dans ce domaine la fonction conjuguée de $\Omega$ sera représentée par $\overline{\Omega}$). Les hypothèses sur les surfaces S et L donnent :

$$(5)\quad \frac{dF}{d\vec{s}_1(S)} = 0; \qquad \frac{dF}{d\vec{s}_1(L')} + \frac{1}{\sqrt{\mathrm{grad}^2 L}}\frac{\partial L}{\partial t} = 0,$$

$$(6)\quad \lim_{r\to 0}\left\{p\left[\vec{x}(L) + r\vec{s}_2(L)\right] - p\left[\vec{x}(L) - r\vec{s}_2(L)\right]\right\} = 0,$$

$$(7)\quad \lim_{r\to 0}\left\{\rho\left[\vec{x}(L) + r\vec{s}_2(L)\right] - \rho\left[\vec{x}(L) - r\vec{s}_2(L)\right]\right\} = \delta\rho.$$

De plus, $p(x, t)$ et $\rho(x, t)$ sont liées par la relation

$$(8)\quad \begin{aligned} \frac{p(x, t)}{\rho(x, t)} = p(t) + U(x, t) + \frac{G}{2} - \frac{\partial\overline{\Omega}}{\partial t} \\ - \vec{\gamma}.\vec{x} - \frac{1}{2}\mathrm{grad}^2\Omega + 2\left(x_3\vec{\omega} - \omega\overrightarrow{x_3}\right).\overrightarrow{\mathrm{grad}}\,\Omega, \end{aligned}$$

où U représente le potentiel extérieur. D'autre part, les formules

$$(9)\quad \Omega\left[\vec{x}(L) - r\vec{s}_2(L), t\right] = \Omega_1 \quad \text{et} \quad \Omega\left[\vec{x}(L) + r\vec{s}_2(L)\right] = \Omega_2$$

définissent deux fonctions intimement liées au champ hydrodynamique à l'intérieur des domaines $D_1$ ou $D_2$. En introduisant les fonctions de Green $G_1$ et $G_2$ de ces domaines on peut écrire l'expression des fonctions $\Omega_1$ et $\Omega_2$

$$(10)\quad \begin{aligned} \Omega_1(x, t) = 2\omega_1(t)x_1x_3 + 2\omega_2(t)x_2x_3 \\ - \frac{\omega_3(t)}{2}\left[x_1^2 + x_2^2 - \frac{1}{\pi}\iint_{D_1(x_3, t)} G_1(x_1, x_2 \mid \xi_1, \xi_2)\,d\xi_1\,d\xi_2 \right. \\ \left. + \int_{S+L(x_3, t)} q(x_1, x_2, x_3, t)\,\frac{\partial G_1}{\partial \vec{s}_2}\,ds_1\right] \end{aligned}$$

et

$$(11)\qquad \Omega_2(x,\ t) = 2\,\omega_1(t)\,x_1x_3 + 2\,\omega_2(t)\,x_2x_3 - \frac{\omega_3(t)}{2}\left[x_1^2 + x_2^2 - \frac{1}{\pi}\iint_{D_2(x_3,\ t)} G_2(x_1,\ x_2;\ \xi_1,\ \xi_2)\,d\xi_1\,d\xi_2 + \int_{S-L(x_3,\ t)} q(x_1,\ x_2,\ x_3,\ t)\,\frac{\partial G_2}{\partial \vec{s}_2}\,ds_1\right].$$

La discussion des équations ainsi écrites conduit finalement à l'expression du potentiel U. On obtient ainsi

$$(12)\qquad U(M,\ t) = \sum_{i=1}^{i=6} h_i(M)\,g_i(t)$$

avec

$$g_1 = g(t),\qquad g_2 = \omega^2(t),\qquad g_3 = 2\,\omega(t)\,q(t),$$
$$g_4 = q^2(t),\qquad g_5 = \frac{d\omega}{dt},\qquad g_6 = \frac{dq}{dt};$$
$$h_1 = 1;\qquad h_2 = \frac{1}{2(\rho_1-\rho_2)}\left[\rho_1\,\nabla\Omega_{11} - \rho_2\,\nabla\Omega_{21} + 2\rho_1\vec{x}.\overrightarrow{D\Omega}_{11} - 2\rho_2\vec{x}.\overrightarrow{D\Omega}_{21}\right];$$
$$h_3 = \frac{\rho_1}{2(\rho_1-\rho_2)}\left[\nabla(\Omega_{11},\ \Omega_{12}) + \vec{x}.\overrightarrow{D\Omega}_{12}\right];\qquad h_4 = \frac{\rho_1}{2(\rho_1-\rho_2)}\nabla\Omega_{12};$$
$$h_5 = \frac{1}{\rho_1-\rho_2}\left[\rho_1\overline{\Omega}_{11} - \rho_2\overline{\Omega}_{21}\right];\qquad h_6 = \frac{\rho_1}{\rho_1-\rho_2}\overline{\Omega}_{12}.$$

Les $\Omega_{ij}$ sont des fonctions harmoniques dans l'un des deux domaines $D_1$ ou $D_2$ et les seconds membres des équations (12) représentent les limites des expressions qui y figurent, prises aux points $\overrightarrow{M}(L) \pm r\vec{s}_2(L)$, lorsque $r$ tend vers zéro. On démontre l'existence de ces limites et l'on en déduit les propriétés des mouvements étudiés au voisinage de la surface L.

ÉLECTRICITÉ. — *Fluctuations de résistance dans un conducteur métallique de faible volume*. Note de M. **J. Bernamont**, présentée par M. Cotton.

J. B. Johnson (¹) a montré qu'une résistance élevée, placée à l'entrée d'un amplificateur très sensible, produit un bruit de fond causé par l'agitation thermique. Lorsque cette résistance est constituée par un dépôt métallique très mince, j'ai observé que ce bruit de fond est accru par le

(¹) *Phys. Rev.*, **29**, 1927, p. 367, et **32**, 1928, p. 110.

passage d'un courant continu. En remplaçant l'écouteur par un couple thermoélectrique branché sur un galvanomètre, j'ai trouvé que, pour un dépôt donné, la déviation est proportionnelle au carré de l'intensité du courant qui circule dans le dépôt. Je pense que ce phénomène peut être attribué aux fluctuations de résistance d'origine électronique.

Plaçons-nous d'abord dans l'hypothèse de la vieille théorie de Drude que nous compléterons de la façon suivante : les atomes se dissocient suivant un processus soumis aux lois du hasard en émettant un ou plusieurs électrons qui deviennent libres pendant un certain temps, puis se recombinent avec un autre atome. Nous supposons que, si l'on considère $p$ électrons libres à un instant donné $t$, le nombre de ces électrons encore libres à l'instant $t+\tau$ sera $pe^{-\alpha\tau}$; $\alpha$ est le coefficient de recombinaison et son inverse $\theta = 1/\alpha$ est la vie moyenne d'un électron libre.

Si l'amplificateur ne laisse passer qu'une bande de fréquence comprise entre $\nu$ et $\nu+\Delta\nu$, on peut démontrer la relation suivante, qui est à rapprocher de celle obtenue par Schottky [1] dans le cas du *Flicker effect :*

$$\frac{\overline{\delta I_\nu^2}}{I_0^2} = \frac{1}{n_0\varphi}\,\frac{4\alpha\,\Delta\nu}{\omega^2+\alpha^2} \qquad \text{avec} \quad \omega = 2\pi\nu,$$

$I_0$ est l'intensité moyenne du courant qui circule dans le dépôt; $\overline{\delta I_\nu^2}$ est le carré moyen de l'intensité d'un courant sinusoïdal de fréquence $\nu$ qui donnerait la même déviation à la sortie; $n_0$ est le nombre moyen d'électrons libres par centimètre cube; $\varphi$ est le volume du dépôt supposé de forme cylindrique.

Soit $\nu_0$ la fréquence pour laquelle l'amplification de l'appareil est maximum; appelons $g^2(\nu)$ le rapport entre les déviations obtenues à la sortie pour une même force électromotrice d'entrée de fréquences $\nu$ et $\nu_0$; appelons $i_0$ l'intensité du courant sinusoïdal de fréquence $\nu_0$ qui produirait à la sortie la même déviation que la fluctuation d'intensité pour l'ensemble des fréquences transmises.

On a

$$i_0^2 = \frac{I_0^2}{n_0\varphi}\int_0^\infty g^2(\nu)\,\frac{4\alpha}{\alpha^2+\omega^2}\,d\nu.$$

Si l'on pose $1/Q = 1/n_0 \int_0^\infty g^2(\nu)\, 4\alpha/\alpha^2+\omega^2\, d\nu$, l'expérience donne directement $Q = I_0^2/i_0^2\varphi$.

Envisageons maintenant deux cas expérimentaux particulièrement simples :

---

(1) SCHOTTKY, *Ann. der Phys.*, 57, 1913, p. 541.

1° L'amplification est indépendante de la fréquence entre les deux fréquences $\nu_1$ et $\nu_2$, telles que $2\pi\nu_1 \ll \alpha \ll 2\pi\nu_2$; dans ce cas $Q = n_0$. L'expérience donne une mesure directe du nombre d'électrons libres par centimètre cube.

2° L'amplificateur ne laisse passer aucune fréquence supérieure à une fréquence $\nu_m$ telle que $\alpha \gg 2\pi\nu_m$, alors

$$Q = \frac{n_0\alpha}{4f} \qquad \text{où} \qquad f = \int_0^\infty g^2(\nu)\,d\nu$$

est une constante caractéristique de l'amplificateur; l'expérience donne directement la valeur de $n_0\alpha$.

Dans les cas intermédiaires on aura $n_0 < Q < n_0\alpha/4f$; une étude détaillée de Q, faite avec un amplificateur sélectif de fréquence variable, nous donnera les valeurs de $n_0$ et de $\alpha$.

Cette étude expérimentale a déjà été amorcée. J'ai étudié les fluctuations aux bornes d'un fil de platine de $1^\mu$. Je me contenterai d'indiquer ici, de façon succincte, les résultats numériques obtenus : $Q = 1{,}45 \, . \, 10^{25}$ C. G. S. à 10 pour 100 près; avec $f = 2{,}35 \, . \, 10^3$ cycles.

Le nombre d'atomes de platine par centimètre cube étant $6{,}65 \, . \, 10^{22}$, on voit qu'on se trouve dans le cas expérimental n° 2; d'où $n_0\alpha = 1{,}37 \, . \, 10^{29}$ C. G. S. ou, en posant $n_0 = \beta n_a$, $\alpha\beta = 2 \, . \, 10^6$ cycles ou $\theta = \beta \times 5 \, . \, 10^{-7}$ sec.

Ces calculs sont relatifs à la théorie des électrons libres, c'est-à-dire à l'hypothèse dans laquelle les électrons sont accélérés par le champ électrique pendant qu'ils circulent entre les atomes.

Les résultats numériques obtenus permettent d'éliminer les théories analogues à celle de J. J. Thomson (¹) où l'on suppose qu'il n'y a pas d'électrons libres. Il se produit en l'absence de champ électrique des échanges d'électrons entre atomes voisins. La direction de ces échanges est livrée au hasard. Le champ électrique a simplement pour effet de polariser les atomes et de favoriser ainsi les échanges dans certaines directions. Il ne modifie pas le temps mis par un électron pour aller d'un atome à un autre.

Pour que la loi d'Ohm soit vérifiée avec ce mécanisme, il est nécessaire que le nombre des échanges par seconde soit considérable de façon qu'avec les densités de courant habituellement employées on soit toujours très loin de la saturation. Le calcul donne alors $Q = q_0/f$ où $q_0$ est le nombre moyen par seconde et par centimètre cube de passages d'électron d'atome à atome. D'autre part la densité de courant

(¹) *Phil. Mag.*, 30, 1915, p. 192.

limite est $J_m = q_0 \lambda . e = f Q \lambda e$ où $\lambda$ est la distance entre l'atome émetteur et l'atome récepteur. En supposant $\lambda = 4.10^{-8}$ cm, on peut aussi calculer $J_m = 220$ amp/cm².

Cette hypothèse est évidemment à rejeter.

Les fluctuations de résistance observées ne peuvent donc s'interpréter, si elles sont bien dues à la structure granulaire de l'électricité, que dans la théorie des électrons libres.

ÉLECTROCHIMIE. — *Effet des fortes concentrations d'électrolytes sur le potentiel de dépôt du polonium.* Note (1) de MM. **M. Guillot** et **M. Haïssinsky**, présentée par M. Georges Urbain.

Plusieurs auteurs (2) ont constaté que, si l'on fait varier l'acidité des solutions nitriques de polonium, le potentiel critique de dépôt de celui-ci, sur une cathode d'or, reste sensiblement le même : $+0^v,37$ ($\pm 0^v,02$), par rapport à l'électrode normale de calomel. En utilisant le dispositif expérimental de F. Joliot (3), nous avons pu confirmer ce résultat et l'étendre à des solutions fortement acides ($4n$). Nous avons observé, par contre, que dans les solutions sulfuriques très acides, le potentiel critique se déplace considérablement vers des valeurs plus négatives : pour des solutions d'acidité égale ou supérieure à $4n$, nous avons mesuré des potentiels de l'ordre de $+0^v,10$ ($\pm 0^v,06$, la reproductibilité étant moins bonne dans les solutions riches en électrolytes). Dans les solutions acétiques enfin, le potentiel a déjà la valeur $+0^v,24$ (valeur moyenne), pour l'acidité $1,12n$. Mais, dans ce dernier cas, on observe certaines irrégularités dans la *forme* des courbes.

L'addition de sels, aux solutions faiblement ou modérément acides, a un effet plus net et plus important. Les courbes ci-contre représentent les variations du potentiel en fonction de la concentration en nitrate de sodium (dans l'acide nitrique $1n$) et en sulfate de sodium (dans l'acide sulfurique $0,95n$).

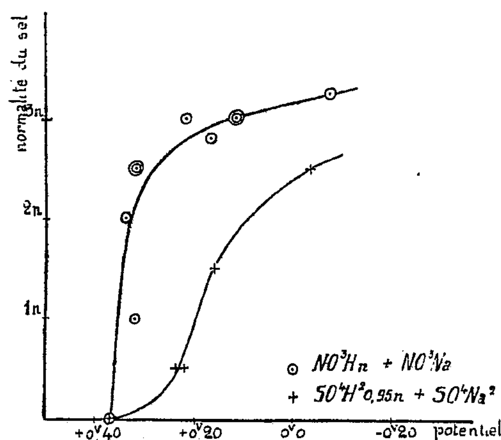
Nous avons observé également de forts déplacements du potentiel, avec des solutions d'acide acétique $1,12n$ additionnées d'acétate de sodium. De

(1) Séance du 7 mai 1934.

(2) Voir notamment S. Schneidt, *Wien. Ber.*, **138**, 1929, p. 755; et M. Haïssinsky, *J. Chim. Phys.*, **30**, 1933, p. 27.

(3) *J. Chim. phys.*, **27**, 1930, p. 119.

même, le phosphate de sodium, ajouté en faible quantité aux solutions normales d'acides phosphorique ou sulfurique, produit des effets comparables à ceux que l'on observe avec le sulfate. Enfin, en présence de ferrocyanure et de ferricyanure de potassium, le dépôt électrolytique du polonium est supprimé (1). Si donc nos expériences montrent que le sulfate a une action plus prononcée que le nitrate, elles ne permettent pas de décider si cette différence est due à un effet de valence des anions, ou à leur spécificité.




D'autre part, afin de préciser le rôle de l'électroaffinité de l'anion (indiquant la tendance à former des complexes), nous avons étudié l'action du sulfocyanure de potassium, en solution nitrique décinormale. Mais, en présence de ce réactif, l'électrode d'or est attaquée et une partie du polonium déjà déposé repasse de ce fait en solution. Nous pouvons seulement affirmer que le déplacement du potentiel dû à ce sel n'est pas supérieur à celui que provoque le sulfate.

Pour voir si la charge du cation jouait un rôle important, nous avons substitué le nitrate de lanthane au nitrate de sodium. Le résultat obtenu est pratiquement le même.

Enfin nous avons constaté qu'on peut déposer électrolytiquement le polonium, même en milieu neutre, en présence de quantités suffisantes de sels, le potentiel de dépôt étant alors fortement déplacé : $+ 0^v,13$ avec le

(1) Vraisemblablement par formation d'un composé insoluble. Nous n'avons pas examiné l'action de l'ion citrique, pour éviter la complication résultant d'une réduction possible des ions du polonium.

nitrate de sodium 3,5 $n$ et $+0^{v},25$ avec le sulfate de potassium 2,3 $n$. Les vitesses de dépôt, dans ces deux cas, sont comparables aux vitesses en milieu acide. Le polonium se trouve donc, dans ces conditions, solubilisé et ionisé, ce qu'on doit attribuer à la formation de complexes. Ce résultat peut présenter un intérêt, dans les recherches biologiques concernant l'action du rayonnement $\alpha$ du polonium sur les organismes vivants.

Dans toutes ces expériences, l'âge de la solution paraît être sans influence sur la valeur du potentiel mesuré.

Nous nous abstenons de formuler ici des hypothèses précises sur le mécanisme de ce déplacement du potentiel critique de dépôt du polonium, en présence de fortes concentrations d'électrolytes. Il nous semble toutefois probable qu'aux actions purement chimiques (variations dans la nature des ions formés par le polonium, dans *la solution*), se superposent des processus physiques au voisinage de *l'électrode*. Il se peut, par exemple, que, pour des raisons que nous ignorons, la décharge directe du polonium soit empêchée, et que le dépôt ne se produise que par l'intermédiaire de réactions secondaires. Une autre hypothèse possible, est celle qui, pour d'autres raisons, a déjà été envisagée sous différentes formes, par plusieurs auteurs [1], à savoir que les phénomènes de décharge ne sont pas définis par le potentiel qu'on mesure : celui de l'électrode, mais par le potentiel d'une surface très voisine de l'électrode, tout au moins tant que cette dernière n'est pas entièrement recouverte par le métal déposé, ce qui est ici le cas.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la luminosité des ondes de choc.* Note [2] de MM. **A. Michel-Lévy** et **H. Muraour**, présentée par M. G. Urbain.

On a fait de nombreuses hypothèses sur l'origine de la luminosité intense (signalée dès 1896 par A. Siersch) que l'on peut observer entre deux cartouches d'explosifs librement suspendues, voisines, et détonant simultanément.

Cette luminosité a été attribuée soit à la rencontre des ondes de choc,

---

(1) K. F. Herzfeld, *Phys. Zeit.*, 14, 1913, p. 29; F. Joliot, *loc. cit*; M. Haïssinsky, *loc. cit.*; voir aussi Gurney, *Zeit. Phys. Sow. Union*, 4, 1933, p. 360.

(2) Séance du 7 mai 1934.

soit à la rencontre des gaz chauds émis par les deux charges d'explosifs, soit même à la rencontre de particules d'explosifs non entièrement décomposées. En opérant sur de l'azoture de plomb [1], et suivant une nouvelle technique, nous avons montré [2] que cette luminosité est due à la rencontre des ondes de choc. Cette luminosité s'observe d'ailleurs non seu-

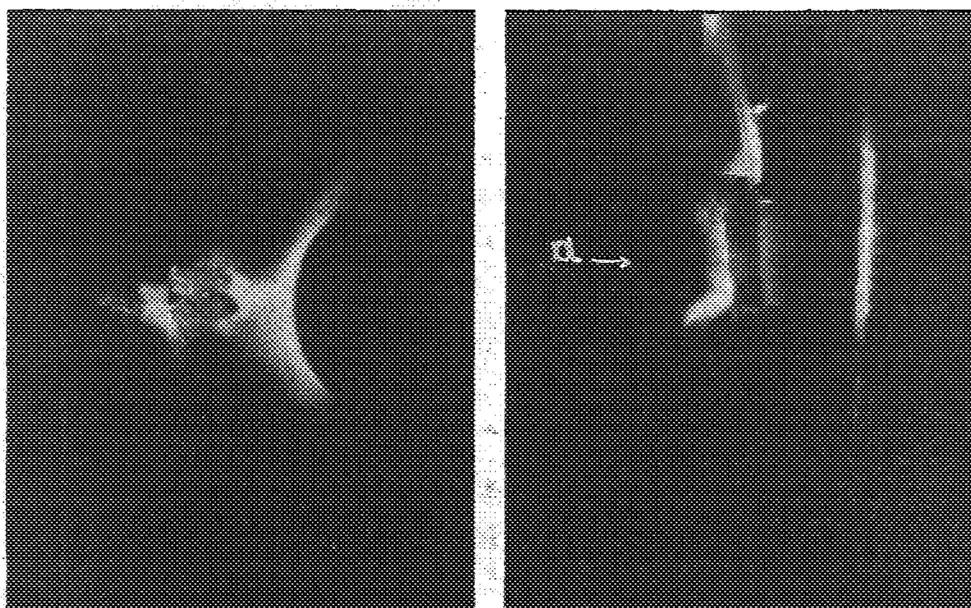



Fig. 1. Gross. × 3 1/2. Fig. 2.

Fig. 1. — Effet lumineux produit par l'onde de choc, issue d'un granule d'azoture de plomb. heurtant un cylindre de cuivre noirci, grain d'amorçage à gauche.

Fig. 2. — Effet lumineux produit par l'onde de choc, issue d'une plaquette d'azoture de plomb. heurtant un papier à cigarette librement suspendu — « *a* », emplacement du grain d'amorçage masqué par le dispositif.

lement à la rencontre de deux ondes, mais aussi chaque fois qu'une onde de choc assez puissante heurte un obstacle contre lequel elle vient s'écraser et se réfléchir.

La figure 1 montre le phénomène lumineux enregistré, en faisant arriver l'onde explosive, créée par la détonation d'un granule d'azoture de plomb,

---

(1) Nous avons constaté que certains échantillons d'azoture de plomb industriel, sans doute d'une pureté insuffisante, peuvent, sur de petites quantités, brûler sans détoner.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 825 et 1499.

sur un petit cylindre de cuivre noirci. La même luminosité s'observe en substituant au cylindre de cuivre d'autres objets, même très légers, feuille de papier à cigarette, fil de coton, etc. (*fig.* 2). La comparaison des photographies exécutées avant et pendant l'explosion montre que ces objets légers s'illuminent sans subir aucun déplacement (conséquence de leur inertie devant les vitesses considérables, plusieurs milliers de mètres par seconde, de l'onde de choc); ces objets légers n'arrêtent d'ailleurs pas l'onde qui au delà de la paroi peut faire détoner un autre granule.

Nous avons commencé l'étude spectrographique de la luminosité de l'onde de choc. Les premiers clichés, obtenus avec un spectrographe à prisme de quartz de Hilger, montrent un fond continu, s'étendant fort loin dans l'ultraviolet, sur lequel se détachent les raies renversées du plomb et du sodium. Ce spectre est du même type que ceux obtenus par J. Anderson [1] qui, par la puissante décharge d'un condensateur, déterminait la vaporisation quasi instantanée d'un fil métallique. A l'air libre, Anderson a obtenu des spectres de lignes, mais en faisant éclater le fil au fond d'une rainure de $2^{cm},5$ de profondeur et de $3^{mm}$ de largeur, creusée dans un bloc de bois, il a obtenu un spectre continu, indépendant de la nature du fil, sur lequel se détachent les raies renversées du métal utilisé à la fabrication de ce fil. L'analogie avec les spectres que nous obtenons est donc parfaite. On a beaucoup discuté sur l'origine des spectres continus d'Anderson. Nous pensons que, dans ses expériences comme dans les nôtres, le spectre continu a pour origine l'onde de choc (air fortement comprimé et porté à très haute température; les calculs de A. Schmidt conduisent à admettre des températures bien supérieures à celles de l'arc). Les raies d'absorption seraient produites par les vapeurs métalliques à pression et à température plus basses.

Il nous paraît probable que les spectres continus de l'éclair, des bolides et des étoiles filantes ont la même origine. Le fait que les bolides et étoiles filantes se déplacent dans une atmosphère raréfiée ne nous paraît pas constituer une objection grave, la vitesse de ces météores étant de l'ordre de 50 à $70^{km}$ par seconde.

Nous nous proposons de continuer ce travail en étudiant au spectrographe la luminosité d'onde de choc créée sous diverses pressions dans différents gaz, en particulier au sein de gaz monoatomiques.

---

(1) *Astrophys. Journal*, 51, 1920, p. 37, et 64, 1926, p. 295.

RADIOCHIMIE. — *Relation entre la courbe de sensibilité spectrale et la courbe d'absorption dans les photocellules à matières colorantes.* Note [1] de Mlle **Cécile Stora**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une précédente étude j'ai montré [2] qu'une lame d'un métal pur quelconque, recouverte d'un film de matière colorante, constituait une électrode photosensible.

Des mesures de sensibilité absolue [3] effectuées sur un grand nombre de substances (vert malachite, vert brillant, vert sulfo B, pyronine, éosine, érythrosine, rhodamine B, rouge congo, safranine, phénosafranine, vert-janus, bleu de nil, violet de méthyle, bleu de crésyle, bleu de méthylène, bleu de toluidine, cyanine, rouge de crésol, chlorophylle) ont établi que la courbe de sensibilité possède l'allure de la courbe d'absorption du colorant adsorbé mais que les maxima de sensibilité sont décalés de 100 à 1500 angströms, vers les grandes longueurs d'onde, par rapport aux maxima d'absorption.

On observe cependant que ce décalage croît avec la concentration en colorant (*fig.* 1) : pour les fortes concentrations, il peut atteindre 1300 A (fuchsine); pour les faibles concentrations, au contraire, il esttrès sensiblement nul.

On est ainsi conduit à penser que seule la partie de la pellicule colorée en contact immédiat avec l'électrode, fonctionne comme substance photosensible, l'autre partie jouant le rôle d'un écran absorbant : par suite, le déplacement de la courbe de sensibilité vers les grandes longueurs d'onde doit être attribué à une absorption optique.

Cet effet d'écran peut être directement mis en évidence, en disposant devant les électrodes colorées des pellicules de collodion teint par les mêmes substances. Si l'on trace la courbe de sensibilité spectrale des lames, avant et après interposition de l'écran, on constate des déplacements du

---

(1) Séance du 30 avril 1934.

(2) C. Stora, *Journ. de Chim. phys.*, 19, 1932, p. 168; R. Audubert et C. Stora, *Journ. de Chim. physique*, 30, 1933, p. 85.

(3) Définie par le rapport $\sigma_0 = \frac{i \text{ (courant photovoltaïque)}}{I_0 \text{ (énergie incidente sortant du monochromateur)}}$.

maximum vers les grandes longueurs d'onde, qui sont fonction de la concentration en colorant dans la pellicule interposée.

D'autre part, on peut vérifier que la courbe de sensibilité, rapportée à l'énergie lumineuse I qui tombe sur le métal support de l'électrode, est identique à la courbe d'absortion de la substance.

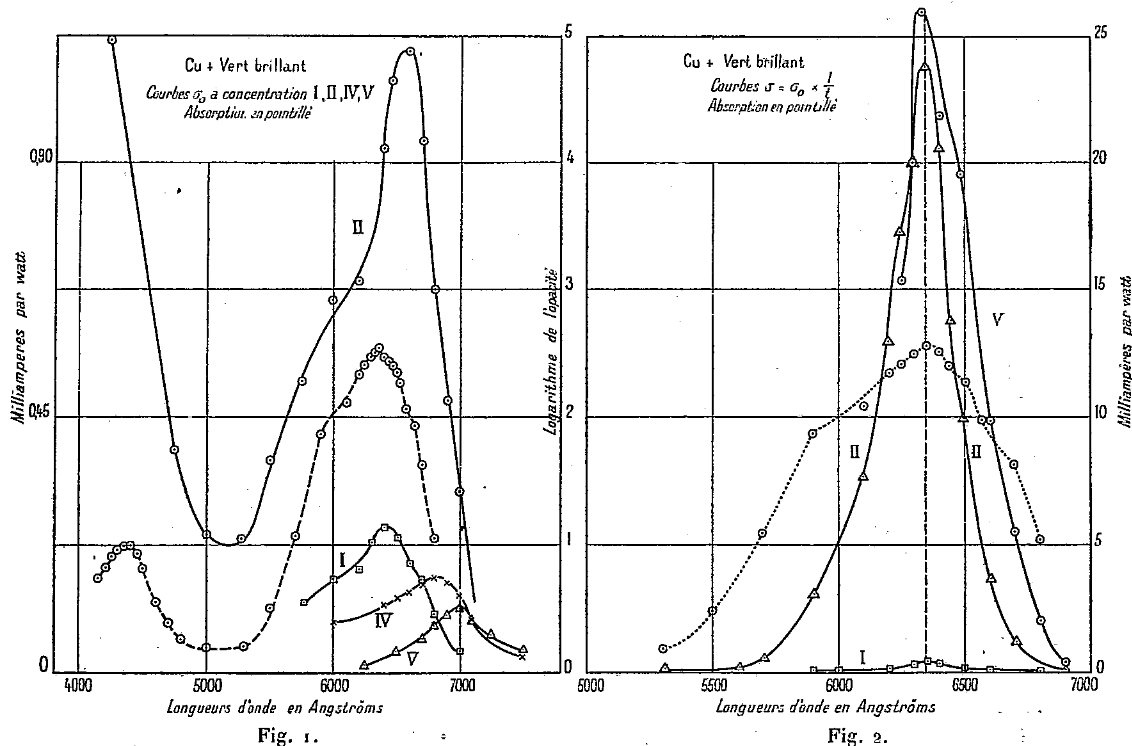



Fig. 1. Fig. 2.

Supposons, en première approximation, que la fraction de la pellicule colorée jouant réellement le rôle de photosensibilisateur soit négligeable devant la totalité de la couche. La sensibilité $\sigma$ rapportée à l'énergie atteignant la couche photosensible est liée à la sensibilité $\sigma_0$ par la relation

$$\sigma = \frac{i}{I} = \frac{i}{I_0 \times t} = \sigma_0 \times \frac{1}{t},$$

où $t$ représente le coefficient de transmission de la pellicule entière.

Il est facile à partir de la mesure de $t$ de déterminer les courbes $\sigma = f(\lambda)$ connaissant $\sigma_0 = \varphi(\lambda)$. Cette détermination a été effectuée en mesurant directement au spectrophotomètre Jobin et Yvon les absorptions de pellicules aussi rapprochées que possible en concentration et en épaisseur, des

pellicules recouvrant les photo-électrodes. On constate que pour toutes les lames, quelle que soit la concentration, les maxima de sensibilité σ coïncident avec les maxima d'absorption (*fig.* 2).

L'identité des deux courbes de sensibilité et d'absorption du chromogène, établit que la couche photosensible, où sont localisés les phénomènes de transfert, est constituée par une très mince pellicule de la matière colorante et que c'est l'énergie absorbée par celle-ci qui est responsable de la variation du potentiel sous l'action de la lumière.

RADIOACTIVITÉ. — *La précipitation fractionnée du sulfate de baryum radifère.* Note de Mme **Branca Edmée Marques**, présentée par M. G. Urbain.

En mettant en contact une solution de chlorure de baryum radifère avec du sulfate de barym solide, F. E. Germann (1) a trouvé que la proportion de radium retenue par le sulfate de baryum correspondait à la loi d'adsorption de Freundlich (2) et de Krœker (3).

H. Dœrner et W. Hoskins ont fait des expériences dans lesquelles le sulfate de baryum prenait naissance à l'intérieur de la solution de chlorure de baryum radifère. Cette étude a conduit à établir une loi (4) de la répartition du radium entre la phase solide et la phase liquide, par application des méthodes de fractionnement des sels de baryum radifère. Cette loi, qui se vérifie bien pour la cristallisation fractionnée des sels solubles, a laissé cependant quelques doutes dans le cas du sulfate de baryum radifère.

D'autre part, certains auteurs (5) trouvent que la loi de répartition de Dœrner et Hoskins n'est pas vérifiée pour la précipitation fractionnée du chromate de baryum radifère.

Le but principal de ce travail a été d'étudier le comportement du système sulfate de baryum-radium dans des conditions différentes de précipitation. Comme O. Erbacher et B. Nikitin (6) indiquent l'ordre de grandeur des erreurs que produit la filtration, j'ai cherché à établir une méthode

(1) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 43, 1921, p. 1615.
(2) *Zeit. für. phys. Chem.*, 57, 1907, p. 385.
(3) *Thèse*, Berlin, 1892.
(4) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 662.
(5) Henderson et Kracek, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 738.
(6) *Zeit. für phys. Chem.*, 158, 1932, p. 216.

nouvelle en éliminant les filtrations et en les remplaçant par des centrifugations qui ont déjà été appliquées à la chimie du polonium et du Th (B + C) [1].

*Première série d'expériences.* — Dans ces expériences, des quantités successivement croissantes et bien définies d'acide sulfurique centième-normal ont été ajoutées très lentement, goutte par goutte, à des solutions de chlorure de baryum radifère, dont la teneur en radium était connue avec précision, et qu'on agitait pendant l'opération. Le liquide, qui était contenu dans un tube de quartz transparent, a été ensuite centrifugé pendant 30 minutes dans une centrifugeuse tournant à 4000 tours par minute. Le précipité formé adhérait fortement au fond du tube, ce qui permettait de séparer la solution par décantation.

Le radium de cette solution, ainsi que celui de la solution initiale de chaque essai, a été dosé par la méthode de l'émanation dégagée; le baryum a été dosé sous forme de chlorure de baryum anhydre.

Les résultats sont inscrit dans le Tableau I.

TABLEAU I.

| Ba pour 100 dans les cristaux. | Ra pour 100 dans les cristaux. | $K_f$ [2]. | λ [3]. |
|---|---|---|---|
| 3,29 | 5,15 | 1,60 | 1,59 |
| 5,07 | 8,12 | 1,65 | 1,63 |
| 6,56 | 10,80 | 1,72 | 1,68 |
| 28,73 | 42,08 | 1,80 | 1,61 |
| 40,24 | 58,65 | 2,11 | 1,71 |
| 71,35 | 85,45 | 2,35 | 1,54 |
| 84,01 | 94,70 | 3,40 | 1,60 |
| 85,74 | 96,16 | 4,16 | 1,67 |

*Deuxième série d'expériences.* — Pour ces expériences on a employé des solutions de chlorure de baryum radifère d'une concentration si faible en sel de baryum qu'en ajoutant très lentement, goutte par goutte, de l'acide sulfurique millième-normal jusqu'à un volume préalablement calculé, aucun précipité visible ne se formait dans la solution. Le sulfate de baryum radifère se déposait petit à petit, par l'effet de l'évaporation de l'eau des solutions, à une température de 20°, pendant plusieurs jours. Les solutions initiales qui occupaient dans chaque expérience 250$^{cm^3}$ étaient contenues dans des récipients de grand diamètre (16$^{cm}$). Quand le volume du liquide

---

(1) Voir la bibliographie complète de la question dans la Note de M$^{lle}$ C. CHAMIÉ et M. HAÏSSINSKY, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1229.

(2) V. CHLOPIN, *C. R. de l'Ac. des Sc. de Russie*, A, 101, 1923; B. E. MARQUES, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1309.

(3) H. DOERNER et W. HOSKINS, *loc. cit.*; B. E. MARQUES, *loc. cit.*

diminuait considérablement et que tout le sulfate formé avait précipité, on soumettait ce liquide à une centrifugation pendant 50 minutes et l'on séparait la solution par décantation.

Des dosages très précis de radium et de baryum ont conduit aux résultats réunis dans le Tableau II.

TABLEAU II.

| Ba pour 100 dans les cristaux. | Ra pour 100 dans les cristaux. | $K_f$. | λ. |
|---|---|---|---|
| 38,71 | 62,67 | 2,66 | 2,01 |
| 45,34 | 68,49 | 2,62 | 1,91 |
| 58,28 | 79,89 | 2,84 | 1,84 |
| 63,37 | 84,74 | 3,21 | 1,88 |
| 71,09 | 91,23 | 4,20 | 1,96 |

*Conclusions.* — Les expériences nous conduisent aux conclusions suivantes :

La loi de Dœrner et Hoskins est valable pour le système sulfate de baryum-radium, dans le cas de la précipitation lente; λ se montre constant dans les limites des erreurs expérimentales, tandis que $K_f$ varie sensiblement.

Les valeurs de λ, calculées d'après les résultats numériques des expériences de précipitation *extrêmement lente* de quelques jours (tableau II), sont plus grandes que celles obtenues d'après les résultats des expériences de précipitation *lente* d'environ 1 heure (tableau I).

Les valeurs de λ, que j'ai trouvé, sont toujours un peu supérieures à celles de Dœrner et Hoskins.

La précipitation fractionnée du sel de baryum radifère par l'acide sulfurique est moins efficace au point de vue de la séparation du radium que la cristallisation fractionnée des bromures et des chlorures.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la thermochimie des solutions aqueuses de sulfate de nickel.* Note [1] de M. **J. Perreu.**

*Chaleurs spécifiques des solutions.* — J'ai déterminé les chaleurs spécifiques, γ, des solutions de sulfate de nickel, par la méthode *calorifère*, proposée par M. H. Bouasse [2]. La précision obtenue, dans ces mesures, est

---

(1) Séance du 7 mai 1934.

(2) *Thermodynamique (Gaz et vapeurs)*, **1**, p. 89.

bien supérieure à celle qui est donnée par la méthode du flacon de Berthelot [1]. Les valeurs de $\gamma$, trouvées, pour une même concentration, $h$, à la même température, diffèrent à peine de $0^{cal},001$.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $h$.......... | 162,44 | 84,972 | 58,981 | 45,986 | 38,189 | 32,991 | 29,278 | 26,943 | 24,327 |
| $\gamma$ moy. (18° à 21°) (cal.).. | 0,926 | 0,874 | 0,840 | 0,813 | 0,792 | 0,776 | 0,759 | 0,747 | 0,739 |

Ces résultats sont représentés par l'équation $\gamma = 16{,}783 + h/31{,}22 + h$; la courbe, $\gamma = f(h)$, est une branche d'hyperbole équilatère dont les asymptotes sont parallèles aux axes des coordonnées.

*Chaleurs de dissolution et de dilution de l'heptahydrate à 14° et à 17°.* — $q_0$ a été mesurée en dissolvant la molg de sel dans 2.227 molgs d'eau ($c' = 0{,}00044$, $h' = 2.234$) [2].

| $c$. | $h$. | $q_c$ (14°). | $q_c$ (17°). | $\mathcal{L}_c^{0,00044}$ (14°). | $\mathcal{L}_c^{0,00044}$ (17°). |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.............. | $\infty$ | $q_0 = -4{,}24$ cal | $q_0 = -4{,}21$ cal | – | – |
| 0,00189......... | 526,815 | – | – | – | 0,04 cal |
| 0,00613......... | 162,944 | −4,27 | −4,30 | +0,004 cal | 0,06 |
| 0,0118.......... | 84,972 | −4,30 | −4,36 | +0,006 | 0,12 |
| 0,017........... | 58,981 | – | – | −0,014 | 0,10 |
| 0,0217.......... | 45,986 | −4,23 | −4,38 | −0,03 | 0,06 |
| 0,0262.......... | 38,189 | −4,28 | −4,46 | −0,027 | 0,09 |
| 0,0303.......... | 32,991 | −4,34 | −4,50 | −0,008 | 0,11 |
| 0,0341.......... | 29,278 | −4,39 | −4,52 | +0,014 | 0,14 |
| 0,0377.......... | 26,943 | −4,42 | −4,56 | 0,035 | 0,17 |
| 0,0385 (sat. 14°). | 25,971 | $q_C$ extr. $= -4{,}427$ | – | 0,04 | – |
| 0,0411 (sat. 17°). | 24,327 | – | $q_C$ extr. $= -4{,}59$ | – | 0,20 |

$a_C$ (14°) : mes. $= 0^{cal},15$, calc. $= 0^{cal},155$; $a_c$ (17°) : mes. $= 0^{cal},21$, calc. $= 0^{cal},21$;
$q_C$ (14°) : extr. $= 4^{cal},427$, calc. $= 4^{cal},43$; $q_c$ (17°) : extr. $= -4^{cal},59$, calc. $= -4^{cal},62$.

$\mathcal{L}_c^{0,00044}$ passe par un minimum, pour $c = 0{,}022$; un résultat analogue a été signalé par Thomsen [3] pour les solutions moyennement concentrées des nitrates de zinc et de cuivre. Pour les solutions diluées, $\mathcal{L}_c^{0,00044}$ diminue avec $c$; la chaleur différentielle de dilution, $l_c$ est donc positive, conformément à la théorie de Debye et Hückel.

La chaleur intermédiaire de cristallisation $\mathcal{H}_{c_1}^{c_2}$, de la molg d'hydrate, en solution légèrement sursaturée, est égale à $4^{cal},45$ à 16°. La chaleur totale de dissolution $Q_C$ de la molg d'heptahydrate décroît quand la tempé-

---

(1) *Précis de Calorimétrie chimique*, p. 174.
(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1410 (voir notations).
(3) *Thermochemische Untersuchungen*, **3**, 1883, p. 37.

rature augmente. $Q_C = -3^{cal},7$ à $1°$, $-4^{cal},28$ à $14°$, $-4^{cal},42$ à $17°$, $-4^{cal},8$ à $31°$.

COROLLAIRES DE L'ÉQUATION DE SOLUBILITÉ. — 1° *Point cryohydratique* ($-4°,15$) (1). — On a la relation

$$\text{(I)} \qquad \frac{\operatorname{tang} A}{\operatorname{tang} B} = -\frac{C}{1 - sC} \cdot \frac{q_{1C}}{q_{2C}};$$

où C est la concentration de la solution saturée à $-4°,15$; $q_{1C}$ et $q_{2C}$ sont les chaleurs limites de dissolution de l'heptahydrate et de la glace à cette température; tang A et tang B les pentes des tangentes menées, par le point eutectique, aux courbes de solidification du sel et de la glace. On a $C = 0,0302$; j'ai obtenu : $q_{1C} = -3^{cal},19$; $q_{2C} = -1^{cal},441$; les deux membres de (I) sont égaux à $-0,0833$ et $-0,0847$ (diff. : 1,66 pour 100 env.).

2° *Premier point de transition* [*heptahydrate* ($s_1$ *aq.*), *et hexahydrate vert* ($s_2$ *aq.*) (31°,5)] (1). — On peut écrire la formule :

$$\text{(II)} \qquad \frac{\operatorname{tang} A}{\operatorname{tang} B} = \frac{1 - s_1 C}{1 - s_2 C} \cdot \frac{q_{2C}}{q_{1C}},$$

$q_{1C}$ et $q_{2C}$ étant les chaleurs limites de dissolution de l'heptahydrate et de l'hexahydrate vert, à 31°,5; tang A et tang B les pentes de tangentes menées, par le point anguleux, aux courbes de solubilité du deuxième et du premier sel. J'ai trouvé : $q_{1C} = -5^{cal},41$; $q_{2C} = -3^{cal},93$; on a : $C = 0,0504$; tang A/tang B $= 0,667$; le deuxième membre de (II) est égal à 0,673 (diff. : 1 pour 100 env.).

3° *Deuxième point de transition* [*hexahydrates* α (*vert*) *et* β (*bleu*). (53°,3) (1)]. — La formule (II) devient :

$$\text{(III)} \qquad \frac{\operatorname{tang} A}{\operatorname{tang} B} = \frac{q_{2C}}{q_{1C}};$$

$q_{1C}$ et $q_{2C}$ sont les chaleurs limites de dissolution des sels α et β à 53°,3; tang A et tang B les pentes des tangentes menées, par le point de transition, aux courbes de solubilité des hydrates β et α. On a : $C = 0,0612$; j'ai obtenu : $q_{1C} = -3^{cal},97$; $q_{2C} = -1^{cal},49$. Les deux membres de (III) sont égaux à 0,377 et 0,375 (différence 0,53 pour 100 environ).

Les mesures précédentes, associées aux données des tables de solubilité, donnent, par suite, une vérification acceptable de la loi de solubilité des hydrates.

---

(1) STEELE et JOHNSON, *Journ. Chem. Soc.*, **85**, 1904, p. 113.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibres hétérogènes dans le système : chlorure de cadmium, chlorure de sodium et eau.* Note de M^lle **M. G. Adolff** et M. **H. Hering**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les équilibres dans le système $Cl^2Cd—ClNa—H^2O$ ont été étudiés par Käthe Sudhaus [1], dans l'intervalle de 19°,3 à 54°,5. D'après cet auteur il intervient, en plus des sels simples, un seul sel double déjà connu : $Cl^2Cd$, $2ClNa$, $3H^2O$; il est recristallisable dans l'eau à toute température.

Nous avons repris cette étude, en opérant dans un intervalle de température à peine plus étendu (19°,3 à 60°,0).

Une première isotherme à été établie à 19°,3. Elle nous a montré l'intervention, en plus des solides reconnus par K. Sudhaus, d'un sel double nouveau, de formule $5Cl^2Cd$, $4ClNa$, $17H^2O$. (Il sera désigné dans la suite par le symbole 5.4.17.) Ce sel double est d'un type nouveau dans la chimie du cadmium.

La détermination de sa composition a été délicate, spécialement en ce qui concerne le nombre de molécules d'eau; elle a été faite concurremment par emploi de la méthode des restes, et par déshydratation et analyse des cristaux humides.

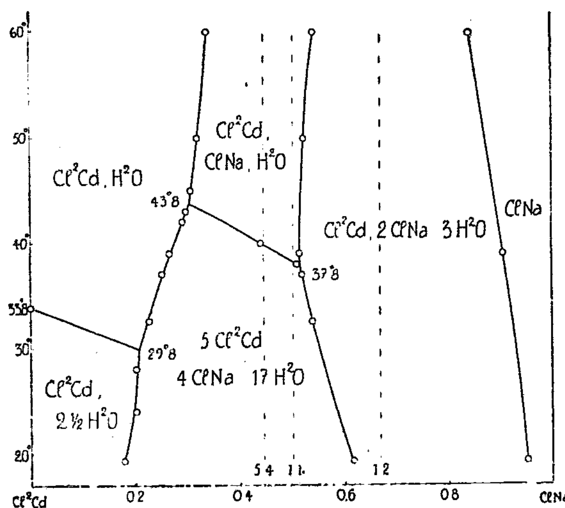
Une seconde isotherme, déterminée à 60°,0, a montré l'existence d'un autre sel double nouveau : $Cl^2Cd$, $ClNa$, $H^2O$ (nous le représenterons ultérieurement par 1.1.1). Ce sel double a des analogues dans les systèmes : $Cl^2Cd—ClK—H^2O$ [2], $Br^2Cd—BrK$, $H^2O$ [3], et $I^2Cd—IK—H^2O$ [4], qui ont été étudiés par l'un de nous.

Rappelons que Cornec et Urbain [5] ont montré, par cryoscopie, l'existence en solution d'un composé renfermant une molécule de chlorure de cadmium pour une molécule de chlorure de sodium. Bourion et Rouyer [6] avaient admis au contraire, d'après leurs mesures ébullioscopiques, l'existence, à l'état dissous, d'un composé $2Cl^2Cd$, $3ClNa$, ou d'un mélange de $Cl^2Cd$, $ClNa$ et de $Cl^2Cd$, $2ClNa$.

---

(1) *N. Jb. Min. Beilagebd*, **32**, 1914, p. 1.
(2) Hering, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1157.
(3) Hering, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1348.
(4) Hering, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 234.
(5) *Comptes rendus*, **158**, 1914, p. 1120.
(6) *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1708.

Les mesures faites à des températures comprises entre 19°,3 et 60°,0 nous ont montré qu'il n'intervient pas, dans les équilibres, de solides autres que ceux qui figurent à 19°,3 et à 60°. Le diagramme ci-dessous précise les limites des domaines de ces solides. Cette figure a été obtenue en portant en ordonnées la température, en abscisses le rapport moléculaire du chlorure de sodium à la somme des sels dissous dans les solutions saturées de deux solides; on fait donc abstraction de l'eau.




On remarque particulièrement que les deux nouveaux sels doubles peuvent coexister en présence de solutions, entre 37°,8 et 43°,8. Il n'existe donc pas, dans tout l'intervalle de température étudié, de solutions saturées simultanément de chlorure de cadmium et de $Cl^2Cd$, $2ClNa$, $3H^2O$, contrairement à ce que pensait K. Sudhaus.

Le sel double 5.4.17 ne peut prendre naissance, à partir de solutions, qu'au-dessous de 43°,8; sa solubilité est congruente aux températures inférieures à 39°,8. Le composé 1.1.1 n'est stable en présence de solutions qu'au-dessus de 37°,8; il est recristallisable dans l'eau au-dessus de 38°,3.

Lorque les solubilités des sels doubles précédents sont non congruentes, la décomposition de chacun d'eux par l'eau donne naissance à l'autre.

L'étude des diagrammes complets où l'on fait figurer l'eau montre que la ligne séparant les domaines de 5.4.17 et de 1.1.1 doit présenter un maximum de température, dont la position est très voisine du point repré-

sentant la solution saturée de $Cl^2Cd$, $H^2O$ et des deux sels doubles nouveaux.

Une série d'analyses thermiques nous a montré l'absence d'un pareil maximum. Pour expliquer sa disparition, il suffit d'admettre que 1 mol/g de 5.4.17 puisse dissoudre, à l'état solide, un peu plus de 0,1 mol/g de chlorure de cadmium. Les résultats obtenus par la méthode des restes paraissent confirmer cette hypothèse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système binaire : eau-azoture de lithium.* Note de MM. **A.-P. Rollet** et **J. Wohlgemuth**, présentée par M. G. Urbain.

Dennis et Benedict [1] signalent pour la première fois l'azoture de lithium. Ils le préparent par neutralisation d'une solution de lithine au moyen de l'acide azothydrique. En concentrant la solution, ces auteurs obtiennent des aiguilles incolores répondant à la formule $N^3Li.H^2O$. Vers la même époque Curtius et Rissom [2] font cristalliser l'azoture de la solution aqueuse, mais ne remarquent pas qu'il est hydraté. Dans leur publication ils indiquent trois déterminations de la solubilité à des températures très rapprochées : +10°, +15°,5 et +16°.

Nous avons entrepris l'étude des systèmes binaires eau-azoture, pour les azotures alcalins et alcalino terreux. Cette Note se limite au sel de lithium.

Nous nous sommes adressés à l'analyse thermique et à des mesures de solubilité.

*Analyse thermique.* — L'étude des courbes de refroidissement nous a servi à déterminer la branche de la glace. Dans les autres cas on est souvent gêné par des retards considérables à l'établissement de l'équilibre, en dépit de l'introduction de germes.

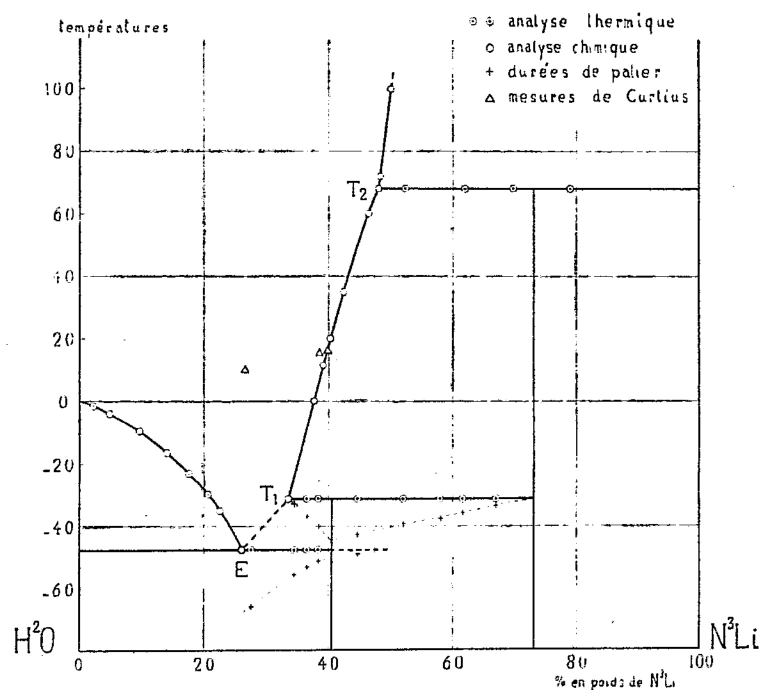
Nous nous sommes adressés alors à l'étude des courbes de réchauffement; pour permettre la comparaison des durées de palier, les déterminations sont faites dans des conditions expérimentales aussi voisines que possible.

*Solubilité.* — Le mélange d'eau et d'azoture, disposé en vase clos, est agité dans un thermostat pendant une journée. La solution est isolée et analysée. On précipite l'azoture d'argent qui est pesé à l'état de chlorure; on détermine aussi le lithium par pesée à l'état de sulfate.

---

(1) *Zeitsch. anorg. Chemie*, 17, 1898, p. 18.
(2) *J. prakt. Chem.* 58, 1898, p. 261.

*Résultats.* — Le diagramme de la figure ci-dessous résume nos expériences; il porte en outre les trois déterminations de Curtius et Rissom, dont une (solubilité à + 10°) s'écarte notablement de nos résultats.




Le diagramme d'équilibre comporte un point d'eutexie E, et deux points de transition $T_1$ et $T_2$, dont voici les coordonnées

| | | |
|---|---|---|
| E.................. | 26,0 ± 0,4 % $N^3Li$ | −47,5 ± 0°,5 |
| $T_1$.................. | 33,5 ± 0,3 % | −31,0 ± 0°,5 |
| $T_2$.................. | 48,0 ± 0,3 % | +68,2 ± 0°,1 |

Au-dessus de + 68°,2 les solutions saturées déposent l'azoture anhydre; de nombreuses analyses des cristaux, déposés dans ces conditions, ont pu nous convaincre du fait. De même l'analyse chimique nous a confirmé qu'entre + 68°,2 et — 31° les solutions saturées déposent l'hydrate $N^3Li.H^2O$ déjà signalé par Dennis et Benedict.

La transition $T_1$ a fait l'objet d'une étude attentive, car nous n'avons pas pu soumettre à l'analyse chimique l'hydrate nouveau qui s'y manifeste, et qui n'existe qu'en dessous de la température de — 31°. La comparaison, pour différents mélanges, des durées de palier de transition $T_1$ nous

a donné la formule $N^3Li.4H^2O$. Ce résultat a été confirmé par l'étude des durées de palier eutectique (voir la figure).

Pendant le refroidissement des mélanges la réaction : solution saturée $T_1 + N^3Li.H^2O \rightarrow N^3Li.4H^2O$ n'est pas complète, même en opérant très lentement avec une bonne agitation. Aussi lors du réchauffement, qui suit chaque refroidissement après un repos de 6 heures à $-80°$, on retrouve encore un petit palier eutectique pour le mélange à 44,7 pour 100 de $N^3Li$.

La branche de l'hydrate $N^3Li.4H^2O$ n'est connue que par ses points extrêmes E et $T_1$. L'analyse thermique ne nous a pas permis de la préciser, l'incertitude atteignant 2°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Applications de la méthode de l'abaissement des points d'eutexie.* Note de M. **Henri Muller**, présentée par M. G. Urbain.

L'addition de sels solubles à un eutectique glace-sel produit un abaissement de la température d'eutexie.

L'abaissement moléculaire à l'origine, $K_0$, d'un sel ajouté, est simple, double, triple, ..., suivant que la molécule de ce sel renferme 1, 2, 3, ... ions autres que ceux contenus dans l'eutectique choisi [1].

Pour l'eutectique glace + $NO^3K$, l'abaissement moléculaire simple est 16,5; il est 14,0 pour l'eutectique glace + $ClNH^4$.

Nous avons appliqué la méthode à la vérification de la formule de quelques sels.

*Persulfates.* — On adopte, en général, la formule double de la plus simple possible donnée par l'analyse chimique. D'après C. et R. Duval [2], les raisons justifiant ce choix ne sont pas probantes; les conclusions de leur récent travail sur des complexes sont en faveur de la formule simple.

Nous avons travaillé avec l'eutectique glace + $ClNH^4$.

Pour le persulfate de sodium $(SO^4Na)^n$, la règle énoncée prévoit à l'origine l'abaissement moléculaire $(n+1) \times 14{,}0$, car la molécule renferme $n$ ions Na et un ion persulfate $S^nO^{4n}$. Les résultats expérimentaux, exprimés à l'aide de la formule générale donnent $K_0 = 21{,}4 \times n$. Par

---

[1] E. Cornec et H. Muller, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1735; H. Muller, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 240; **196**, 1933, p. 1109; **197**, 1933, p. 241.

[2] *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 843; R. Duval, *Ann. Chim.*, **18**, 1932, p. 267.

l'égalité $(n+1)\times 14,0 = 21,4\times n$ entre le $K_0$ prévu et le $K_0$ trouvé, on a $7,4n = 14$; on voit que $n$, nombre entier, est égal à 2; par suite, la formule du sel est double : $S^2O^8Na^2$.

On arrive immédiatement à la même conclusion par l'étude du sel d'ammonium $(SO^4NH^4)^n$. $K_0$ doit être voisin de 14,0 quel que soit $n$, car seul l'ion $S^nO^{4n}$ n'existe pas dans l'eutectique. Les expériences conduisent à $K_0 = 7,2n = 14$, d'où $n = 2$ et la formule du sel : $S^2O^8(NH^4)^2$.

*Hypophosphates.* — E. Cornec (¹) a montré, en particulier par l'étude cryoscopique, que l'acide hypophosphorique répond à la formule double $P^2O^6H^4$ et que ses sels en dérivent normalement. Plus récemment I. Müller (²) a cru devoir adopter à nouveau la formule simple pour les sels.

Nous avons étudié le sel neutre de potassium et le sel acide de sodium dans l'eutectique glace $NO^3K$.

Des deux formules $PO^3K^2$ et $P^2O^6K^4$ il convient d'adopter celle pour laquelle l'abaissement moléculaire à l'origine est voisin de 16,5. On obtient 8,9 en supposant que la formule est simple, 17,9 en supposant qu'elle est double.

Suivant que l'on écrit le sel de sodium $[PO^3H]Na$ ou $[P^2O^6H^2]Na^2$ les expériences donnent $K_0 = 24,7$ ou $K_0 = 24,7\times 2$. Seule la seconde valeur 49,4 s'accorde avec l'abaissement $3\times 16,5$ prévu pour la formule correspondante. Il convient donc de conserver pour les hypophosphates la formule double.

*Pyrosulfites.* — Nous avons étudié le sel de potassium dans l'eutectique glace $+ NO^3K (F = -2°,84)$.

Si l'ion pyrosulfite subsiste en solution, le sel $[S^2O^5]K^2$ doit avoir un $K_0$ voisin de 16,5. Au contraire, s'il y a hydrolyse complète suivant $[S^2O^5]K^2 + H^2O \rightarrow 2[SO^3H]K$, la valeur de $K_0$ doit être sensiblement double. En cas d'hydrolyse lente les solutions doivent présenter des abaissements croissant avec le temps. Les expériences, faites en ajoutant le sel solide à l'eutectique, montrent que les abaissements atteignent leurs valeurs définitives en un temps qui ne semble pas dépasser la durée de la dissolution (2 à 5 minutes). L'abaissement moléculaire limite, résultant de l'étude d'une série de solutions est de 33,6, ce qui montre que la transformation en bisulfite est sinon instantanée, du moins très rapide.

Espérant qu'à température beaucoup plus basse l'hydrolyse serait ra-

---

(¹) *Ann. Chim. Phys.*, **30**, 1913, p. 103.

(²) *Z. anorg. Chem.*, **96**, 1916, p. 29.

lentie, nous avons ajouté le sel à l'eutectique glace + $ClNH^4$ (F = —15°,44). Dans ce cas encore il n'a pas été possible de montrer l'existence, même transitoire, du pyrosulfite en solution. Le $K_0$ trouvé, 56,8, a bien une valeur voisine de celle (4 × 14,0) qui correspond à 2$^{mol}$ de bisulfite.

*Hydrosulfite*. — En ajoutant du sel de sodium à l'eutectique glace + $NO^3K$ maintenu sous une atmosphère d'azote, on constate que l'abaissement croît avec le temps, mais assez lentement pour qu'il soit possible de connaître sa valeur initiale, d'où l'abaissement moléculaire. En étudiant de même une série de solutions nous avons obtenu $K_0 = 49,3$, valeur qui montre que le sel répond à la formule double $S^2O^4Na^2$ (3 ions).

Les mesures faites sur les solutions entièrement transformées ont montré que $K_0$ passe de 49,3 à 58,6, ce qui s'accorde avec la réaction



$$2S^2O^4Na^2 + H^2O \rightarrow S^2O^3Na^2 + 2[SO^3H]Na$$

[valeur calculée (16,5 × 7)/2 = 57,7] et non avec celle qui a été proposée (¹) $S^2O^4Na^2 + H^2O \rightarrow [SO^2H]Na + [SO^3H]Na$ (valeur calculée : 16,5 × 4 = 66,0).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les conditions d'une coagulation mécanique.* Note de M. **Wilfried Heller**, présentée par M. A. Cotton.

Quand on agite fortement certains sols, on peut produire leur coagulation, c'est la coagulation mécanique (c. m.) découverte par H. Freundlich et S.-K. Baru (²), dont l'explication a été déjà éclaircie dans une certaine mesure par H. Freundlich et ses collaborateurs (³). A plusieurs points de vue, elle se distingue nettement d'une coagulation électrolytique (c. e.). On peut, en cessant d'agiter, arrêter la coagulation à chaque instant et, de cette façon, arrêter arbitrairement le grossissement des agrégats, ce qui n'est pas possible pour la c. e. (³); on n'ajoute au système colloïdal aucune substance étrangère (⁴); les propriétés électrocinétiques (le potentiel ζ)

(¹) Prudhomme, *Rev. gén. Matières color.*, **97**, 1905, p. 1.

(²) *Z. phys. Chem.*, (A), **115**, 1925, p. 203.

(³) Voir la bibliographie dans le dernier travail : H. Freundlich et H. v. Recklinghausen, *Z. phys. Chem.*, (A), **157**, 1931, p. 325.

(⁴) Seuls le sol de CuO et un sol de α-FeOOH (préparé selon le procédé de H. Freundlich et S. Wosnessensky (*Koll. Z.*, **33**, 1923, p. 222) se laissaient coaguler de cette façon.

semblent changer à peine au cours de la coagulation. Ces avantages seraient très précieux dans diverses recherches où des agrégats d'une grosseur arbitraire et constante seraient désirables. Mais il y avait un obstacle à l'emploi général de cette méthode; elle ne paraissait s'appliquer qu'à *certains* colloïdes (*loc. cit.*).

Maintenant, cette difficulté n'existe plus. Nous avons pu montrer que chaque sol hydrophobe se laisse coaguler par agitation, si sa stabilité naturelle est assez petite ou assez réduite par une dialyse assez intense. La seule condition est donc que le potentiel $\zeta$ ne dépasse pas une valeur critique. Dans ce qui suit, nous prendrons pour mesurer la stabilité des sols la valeur de coagulation (pour une durée de coagulation égale à 2 heures); nous considérerons aussi dans certains cas le pH. Cette stabilité critique est, en tout cas [1], encore assez grande pour que les sols, non agités, puissent rester encore tout à fait intacts pendant plusieurs années.

En particulier, la valeur critique de coagulation dépend des conditions de l'agitation. Si l'on secoue le plus fort possible (machine I : 3 à 6 périodes par seconde, amplitude de $30^{cm}$), elle dépasse encore la valeur de 15 $\mu$/mol NaCl pour les sols d'oxyde de fer et de 40 $\mu$/mol NaCl pour les sols de $V_2O_5$ (préparés d'après W. Biltz). Si l'on secoue moins fortement (machine II : 1 période par seconde, amplitude de $20^{cm}$), ces valeurs sont à peu près les valeurs critiques.

Dans le tableau qui suit, on a indiqué, dans les deux dernières colonnes, les degrés de coagulation atteints définitivement après qu'on a secoué les sols avec les deux machines I et II.

| Espèce de sol. | Valeur de coagulation. | pH. | Machine I (pour 100). | Machine II (pour 100). |
|---|---|---|---|---|
| 1. Acétate de fer dialysé.... | > 300 | 3,80 | 0 | 0 |
| 2. Sol de Graham.......... | 250 | 3,05 | 0 | 0 |
| 3. $FeCl^3$ dialysé........... | 15 | – | moins de 25 | 0 |
| 4. Sol de Graham.......... | 15 | – | id. | moins de 10 |
| 5. Sols de $\alpha$-FeOOH....... | 4-5 | 6,5-6,7 | 40-80 | – |
| 6. $Fe(NO^3)^3$ dialysé........ | 2,5 | – | presque 100 | plus de 50 |
| 7. Acétate de fer dialysé.... | 2,0 | 6,81 | id. | id. |
| 8. Sol de $V^2O^5$............ | 40 | – | moins de 25 | – |

Les valeurs critiques de coagulation sont encore plus petites si au lieu de secouer on emploie un agitateur. Mais elles dépassent toujours la valeur

(1) Excepté les sols dont la valeur de coagulation est inférieure à 5$\mu$ mol NaCl.

de 5 μ/mol, même pour une agitation relativement très douce (moins de 400 tours par minute de l'agitateur).

Le degré de coagulation qu'on peut atteindre est d'autant plus grand que la stabilité initiale des sols est plus petite. Il devient de même considérablement plus grand lorsqu'on secoue que lorsqu'on emploie un agitateur. Voici les degrés de coagulation en pour 100 de la phase dispersée) pour le même sol d'α-FeOOH : *a*. on remue à 500 tours par minute pendant 29 heures : 5,8 %; *b*. on remue 16 heures et demie de plus à 1000 t/min : 8,3 %; *c*. on secoue pendant 2 heures avec la machine I : 81,4 %; *d*. on secoue pendant 5 heures et demie (même machine) : 81,95 %. Le stade final, où une continuation de l'agitation n'augmente plus le degré de coagulation ([1]), est atteint beaucoup plus vite si l'on secoue fortement (après 2 heures environ) que si l'on agite fortement (10-70 heures).

On peut aussi, par une addition d'électrolyte, faire tomber la stabilité des sols à la valeur critique. Dans ce cas, le degré de coagulation est d'autant plus grand après la c. m. que la concentration de l'électrolyte était plus grande. Mais, en général, on ne se servira pas de cette coagulation électrolytique-mécanique, parce qu'elle ne présente plus aussi nettement les avantages qui caractérisent la c. m. proprement dite.

Cette c. e.-m. a cependant un intérêt particulier : on observe par exemple que l'effet d'une c. e. s'affaiblit nettement par une agitation des sols (peptisation et stabilisation mécanique), si la concentration de l'électrolyte est grande. Nous avons fait quelques recherches sur ce phénomène qui semble intéressant au point de vue de la cinétique des deux méthodes de coagulation.

PHYSICOCHIMIE. — *Contribution à l'étude du tartrate de glucinium.* Note de M. **Ivan Peychès**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avons donné les courbes ([2]) : pouvoir rotatoire - concentration de quelques tartrates alcalinoterreux. Ces courbes, comme celles des tartrates alcalins ([3]), tendent vers le point $[\alpha]_V^{T--} = 45°,7$. Par contre, celle du

([1]) Mais elle change toujours la forme, la grandeur et la structure des agrégats qui sont déjà formés, ce que nous expliquerons ailleurs.

([2]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1600.

([3]) *Journ. de Phys.*, 7e série, **4**, n° **10**, 1933, p. 594.

tartrate de glucinium est absolument en dehors du faisceau des courbes précédentes. Les formules diverses attribuées à ce corps par différents auteurs [ (1) à (3) ] nous ont incité à reprendre avec soin cette étude.

Des recherches préliminaires nous ayant montré que le pouvoir rotatoire du composé était très grand (10 fois plus que celui de l'acide tartrique), nous avons pu appliquer avec beaucoup de sécurité la méthode des variations continues de Job au pouvoir rotatoire des mélanges : acide tartrique-glucine. L'hydroxyde de glucinium était précipité par l'ammoniaque d'une solution contenant un poids connu de $SO^4Gl, 4H^2O$.

Voici les nombres obtenus avec les mélanges de solution équimoléculaires ($C = 0,4$ mol/l.) :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° de la solution.......... | 0. | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. |
| $TH^2$ (ac. tart.) %......... | 100. | 75. | 50. | 37,1 | 33,3. | 30. | 0. |
| $SO^4Gl, 4H^2O$ %........... | 0. | 25. | 50. | 62,9 | 66,6. | 70. | 100. |
| Tube de $20^{cm}$ ($\alpha_j$).......... | $1°,73_5$ | $2°,24_5$ | $3°,80$ | $4°,51$ | $4°,47$ | $4°,17$ | – |
| » ($\alpha_V$).......... | 1,87 | $2,48_5$ | 4,30 | 5,17 | 5,10 | 4,76 | – |
| » ($\alpha_i$).......... | 2,06 | 3,51 | 7,24 | 9,11 | 9 | 8,41 | – |

Le maximum d'écart des courbes ainsi obtenues avec la courbe représentant la loi d'additivité correspond à 34 pour 100 $TH^2$ et 66 pour 100 $SO^4Gl, 4H^2O$ (sensiblement sol. 4). Nous avons étudié la stabilité du composé en appliquant la même méthode à des mélanges non équimoléculaires. Dans tous les cas, nous avons sensiblement $2^{at}$ de glucinium pour un radical tartrique. Nous écrivons symboliquement $T.Gl^2$.

Il est à remarquer qu'on ne trouve trace sur la courbe, ni du T.Gl d'A. Atterberg (1), ni du $T.Gl^3$ de Rosenheim (2), ni du $T^2Gl$ de G. Calcagni (3). (T. représentant un radical $C^4H^mO^n$).

On trouvera ci-après un tableau résumant diverses propriétés physico-chimiques à 20° C., du corps $T.Gl^2$ préparé à partir des quantités calculées de $TH^2$ et $Gl(OH)^2$ récemment précipitée.

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 2e série, 21, 1874, p. 162, et *Svenska Ak. Handl*, 12, n° 5, 1873, p. 37.

(2) A. Rosenheim et H. Itzig, *Ber. d. D. chem. Ges.*, 32, 1899, p. 3424.

(3) *Atti d. R. A. Lincei*, 5e série, 21, 1912, p. 446.

| $c$ en millimol. de $TGl^2$ par litre. | $[\alpha]_{546}^{T--}$. | $\delta = \frac{\alpha_{436}}{\alpha_{578}}$. | $\Lambda_c$. | pH. | Densité. | $n_{578}$. | $n_{546}$. | $n_{436}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1590........ | 119°,5 | 2,01 | 1,4 | 3,59 | 1,1720 | 1,37721 | 1,37839 | 1,38536 |
| 636........ | 124 | 2,01 | 3,2 | 3,98 | 1,0685 | 1,35192 | 1,35295 | 1,35912 |
| 255........ | 127,5 | 2,02 | 4,3 | 4,17 | 1,0273 | 1,34136 | 1,34237 | 1,34839 |
| 133........ | 128 | 2,03 | 5,3 | 4,24 | – | 1,33790 | 1,33894 | 1,34473 |
| 96........ | 128 | 2,03 | 6,0 | 4,34 | 1,0102 | 1,33687 | 1,33789 | 1,34376 |
| 66........ | 128 | 2,02 | – | 4,35 | – | 1,33607 | 1,33711 | 1,34273 |
| 33........ | 125 | 2,02 | 8,2 | 4,36 | – | 1,33495 | 1,33594 | 1,34172 |
| 22,6...... | 124,6 | 2,02 | 8,4 | – | – | – | – | – |
| 16,4...... | 123 | 2,02 | 9,5 | 4,50 | – | – | – | – |
| 9,7...... | 121,5 | 2,02 | – | – | – | 1,33439 | 1,33531 | 1,34112 |
| 5,65..... | 118,4 | 2,01 | 12,4 | – | – | – | – | – |
| 1,53..... | 113,5 | 2,01 | 17,5 | – | – | – | – | – |
| 0,87..... | 112 | 1,88 | 21,0 | – | – | – | – | – |
| $0,35_3$..... | – | – | 27,0 | – | – | – | – | – |
| $0,08_8$..... | – | – | 39,6 | – | – | – | – | – |
| $0,02_2$..... | – | – | 85,4 | – | – | – | – | – |

On remarque : un pouvoir rotatoire $[\alpha]^{T--}$ et une dispersion $\delta$ élevés et variant très peu avec la concentration, sauf aux grandes dilutions. La bande ou les bandes d'absorption responsables du pouvoir rotatoire sont fortement déplacées vers le visible : dans les mêmes conditions de concentration, d'épaisseur et de durée de pose, $TK^2$ absorbe à partir de 2300 Å et $TGl^2$ à partir de 2430 Å. Ces faits sont en accord avec l'hypothèse d'une molécule complexe, fortement déformée d'une manière permanente par au moins $1^{at}$ de glucinium maintenu par des liaisons non ionisables. En fait, le tableau montre qu'on a affaire à un électrolyte extrêmement faible ($\Lambda$ équiv $= 1/4\,\Lambda$ mol). Les variations du pH en fonction de la concentration montrent enfin que la conductivité résiduelle doit être la conséquence d'un phénomène d'hydrolyse.

Ces différentes particularités s'expliquent assez bien en admettant que $TGl^2$ est légèrement hydrolysé en donnant $TGl^{--} + Gl(OH)^+ + H^+$. L'ion complexe $TGl^{--}$, de pouvoir rotatoire supérieur à celui de $TGl^2$, participe peut-être aussi à l'hydrolyse, en régénérant un acide tartroglucinique, mais en tout cas doit se détruire en solution extrêmement étendue pour donner l'ion $T^{--}$ de faible pouvoir rotatoire.

Si cette hypothèse est exacte, on doit par addition d'une base forte augmenter la quantité de $TGl^{--}$, donc exagérer le pouvoir rotatoire, le

maximum étant atteint lorsqu'on a ajouté $1^{at}$ alcalin pour $1^{mol}$ de $TGl^2$; après quoi la destruction du complexe conduira au tartrate alcalin.

C'est effectivement ce que l'on observe, comme le montre le tableau suivant :

| 1 mol $TGl^2$ + $x$ mol XOH. | 0. | 0,8. | 1. | 1,2. | 1,6. | 2. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pour Na | 127° | 155° | 164° | 170° | 88° | 47°,5 |
| Pour $NH^4$ | 127° | 153° | 165° | 145° | 87° | 48° |

[Les rotations ont été mesurées sur les liqueurs filtrées dès qu'on a dépassé le pH de précipitation de $Gl(OH)^2$.]

On remarquera que, pour les bases très fortes telles que NaOH (et aussi KOH), le maximum correspond à une quantité de base un peu plus forte que celle que nous prévoyions. Nous pensons qu'une petite quantité doit se fixer sur le radical amphotère Gl(OH)— qui figure dans l'ion complexe.

CHIMIE MINÉRALE. — *Méthode de préparation d'arsenic pur.* Note de M. **André de Passillé**, présentée par M. Delépine.

Différentes méthodes de purification de l'arsenic ont été déjà proposées dont toutes visent à éliminer l'impureté principale, l'antimoine; en dehors de cet élément, les impuretés généralement rencontrées dans l'arsenic sont : le soufre, le phosphore, le bismuth, le fer, le nickel, le plomb, le cuivre. A. de Gramont (1) a déterminé, par analyse spectrale, que l'arsenic le plus pur, libre ou à l'état de sel simple, contenait toujours de l'antimoine et généralement du cuivre, du zinc ou du fer. L'arsenic contient toujours aussi des quantités plus ou moins grandes d'anhydride arsénieux (2).

Les méthodes de sublimation que l'on emploie généralement pour la purification de l'arsenic permettent bien de se débarrasser de la plupart des impuretés, mais n'éliminent pas complètement l'antimoine (3).

J'ai pensé qu'en préparant un arséniate cristallisé et facilement réductible, il serait possible d'éliminer, d'abord par cristallisation fractionnée, la majeure partie des impuretés citées plus haut, puis d'obtenir de l'arsenic

(1) *J. Chim. phys.*, **14**, 1916, p. 336.
(2) A. Bette, *Liebig's Ann.*, **33**, 1840, p. 355.
(3) N. A. Orloff, *Chem. Ztg*, **26**, 1901, p. 290.

chimiquement pur en effectuant ensuite la réduction dans un milieu convenable.

L'arséniate d'ammonium $AsO^4(NH^4)H^2$, dont M. Matignon et moi-même avons donné quelques propriétés [1], semblait toutindiqué étant donné son mode de cristallisation et la façon dont il est décomposé par la chaleur. Ce sel, preparé à partir d'acide arsénique, est purifié par plusieurs cristallisations successives (l'antimoine est ainsi complètement éliminé), et est réduit à haute température dans un courant d'ammoniac.

La réduction est effectuée dans un tube de silice à 1000°C., dans un four électrique. L'arséniate monoammonique, placé dans une nacelle à l'extrémité amont du tube, est chauffé graduellement au moyen d'une grille à gaz et les vapeurs formées entraînées par le courant lent, mais constant, d'ammoniac passent alors au travers du four chauffé à 1000°C. L'arsenic réduit se dépose en aval du four électrique sur les parois refroidies du tube de silice; une partie de l'arsenic est obtenue sous la forme amorphe, dans la section la plus éloignée du four, c'est-à-dire la plus froide (il se forme d'ailleurs, dans cette section du tube, une certaine proportion d'arsenic jaune, mais qui se transforme assez rapidement en arsenic amorphe). La majeure partie de l'arsenic se dépose en formant de gros cristaux, près de l'orifice aval du four.

En réglant convenablement la vitesse du courant de gaz ammoniac, on entraîne assez peu d'anhydride arsénieux; la portion de l'anhydride non réduit se dépose en même temps que l'arsenic amorphe. Le tout est recueilli et l'opération est recommencée. On diminue ainsi chaque fois la proportion d'anhydride arsénieux et l'on s'en débarrasse complètement en quatre opérations.

L'arsenic ainsi obtenu (mélange d'arsenics amorphe et cristallisé) est alors placé dans une ampoule en pyrex que l'on scelle dans le vide. Cette ampoule est placée dans le four chauffé à 500°C. et l'on s'arrange de façon que l'arsenic, qui a été disposé du côté de la pointe de l'ampoule, distille pour venir se condenser à l'autre extrémité en gros cristaux très brillants. On laisse alors refroidir le four jusque vers 300°C., puis on pousse l'ampoule de façon que sa pointe sorte du four. Les dernières traces d'anhydride arénieux viennent se condenser dans cette pointe. Il suffit, après refroissement complet du four, de couper la pointe pour se débarrasser de l'an-

[1] C. Matignon et A. de Passillé, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 777.

hydride arsénieux. L'arsenic est alors rapidement mis en ampoule scellée dans le vide.

J'ai vérifié que cette méthode m'avait permis d'éliminer l'antimoine, le fer, le soufre et le phosphore que contenait en proportions variables l'acide arsénique dont je partais.

Les méthodes de contrôle que j'ai utilisées permettent, d'après des mesures faites sur des mélanges où les impuretés ont été ajoutées intentionnellement, de reconnaître moins de 0,002 pour 100 de Sb, moins de 0,0002 pour 100 de Fe, moins de 0,005 pour 100 de S et moins de 0,01 pour 100 de P. Appliquées à l'arsenic que j'avais purifié, elles ont donné des résultats négatifs. Pour pouvoir pousser plus loin la recherche des impuretés, il devenait donc nécessaire d'employer une méthode d'analyse d'une sensibilité plus grande encore que celle des méthodes chimiques utilisées.

M. Bardet a bien voulu contrôler par analyse spectrale le degré de pureté de l'échantillon d'arsenic obtenu dans les conditions précédentes. D'après ses résultats, le spectre d'étincelle de l'échantillon ne donne que les raies de l'arsenic seules et ne laisse voir de trace d'aucune impureté.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle réaction de la cantharidine, applicable à son dosage par colorimétrie.* Note [1] de M. **Georges Denigès**, présentée par M. A. Desgrez.

On connaît la pénurie des réactions de la cantharidine parmi lesquelles celle, par exemple, que reproduisent les ouvrages classiques : ébullition de ce composé avec de l'acide sulfurique et projection, dans le liquide, d'un cristal de $Cr^2O^7K^2$ qui y détermine une vive effervescence et produit une masse verte n'offrant aucun caractère de spécificité et même de sensibilité.

En 1923, alors qu'on en était encore réduit, ainsi que l'écrivait Carracido, à procéder par voie biologique pour identifier ce corps, c'est-à-dire à essayer de déterminer sur un animal, la vésication caractéristique, nous avons fait connaître un moyen permettant de caractériser aisément, au microscope, jusqu'à $0^{mg},001$ de cantharidine [2].

La réaction qui va être décrite est d'ordre coloriscopique. Elle repose

---

(1) Séance du 7 mai 1934.

(2) *Bulletin des Travaux de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 61e année, 1923, p. 63.

sur la propriété, non encore signalée, qu'a cette substance de se condenser à chaud, avec le méthanal (formol), en donnant une coloration brune qui peut aller jusqu'au noir intense.

Lorsqu'on veut la réaliser, on met dans un tube à essai en verre pyrex, de 18 à 20$^{mm}$ de diamètre, quelques parcelles de cantharidine, 1 goutte de formol commercial, de préférence dilué au quart, surtout avec les faibles doses, 4 ou 5$^{cm^3}$ d'acide sulfurique concentré pur et l'on chauffe le mélange, en secouant le tube.

Bien avant que le liquide ne bouille, une coloration brune puis noire se développe et s'accroît à mesure que la température s'élève, pour arriver jusqu'à l'ébullition qu'il faut atteindre, mais non faire durer, avec les minimes quantités, particulièrement.

Chauffée seule, dans les mêmes conditions, avec $SO^4H^2$, la même quantité de cantharidine ne produit qu'une teinte d'un jaune extrêmement léger; quant au formol, il donne, isolément, une coloration faiblement brunâtre, mais qui n'a aucun rapport avec celle que fournit le mélange cantharidine + formol.

La réaction est encore appréciable avec 0$^{mg}$,01 du premier de ces corps. Il est, du reste, indispensable, pour obtenir des résultats indiscutables, d'opérer toujours par comparaison avec une quantité identique d'acide sulfurique et, d'une part, la substance à essayer + 1 goutte de formol; d'autre part, la goutte de formol seule.

En se servant d'une solution acétique titrée de cantharidine (dont 1 goutte [1] représentera, par exemple, 0$^{mg}$,05 de ce produit) avec laquelle on préparera une série de témoins correspondant à 1, 2, ..., *n* vingtièmes de milligramme de ce composé, et un volume fixe de $SO^4H^2$, on fera, très aisément, des dosages rigoureux de cantharidine, par colorimétrie.

Quand la quantité du produit à doser donne une teinte trop intense pour permettre une comparaison commode, on étend le liquide final de *n* fois son volume d'eau afin de l'éclaircir suffisamment, et l'on a soin de ne pas trop attendre pour faire les comparaisons colorimétriques, la dilution aqueuse mettant le corps brun, formé, sous un état colloïdal, instable, coagulant au bout d'un certain temps.

Si le dosage colorimétrique est précédé d'une caractérisation microchimique (*loc. cit.*) de la substance dans la solution même (chloroformique ou acétique) devant être utilisée pour la détermination quantitative, ce dosage offrira toutes les garanties analytiques voulues.

Il est bien d'autres corps que la cantharidine, notamment les glucides, qui, chauffées *seuls* avec $SO^4H^2$, donnent une coloration brune plus ou

(1) Un compte-gouttes normal donne, environ, 55 gouttes d'acide acétique, au centimètre cube.

moins foncée, mais, comme d'une part cette coloration n'est obtenue, avec la cantharidine, qu'en présence du formol et que, d'autre part, à masse égale, elle est extrêmement plus marquée pour ce principe vésicant que pour les autres corps générateurs de substances brunes, la confusion n'est pas possible.

Cette méthode est directement applicable pour doser la cantharidine dans les insectes vésicants dont la décoction, dans le chloroforme bouillant notamment, permet d'obtenir un liquide à peine coloré, contenant tout le principe actif et pouvant être immédiatement mis en œuvre (évaporation sur lame de verre) pour l'identification par micro-cristalloscopie; et, après évaporation dans le tube à essai, d'une partie aliquote de la solution, pour la détermination quantitative.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'alcoolyse de la triacétine de la glycérine en milieu faiblement alcalin.* Note de M. **E.-M. Bellet**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons montré (¹) que la plupart des éthers-sels en présence d'alcools et en milieu faiblement alcalin subissent une véritable alcoolyse lorsque le poids moléculaire de l'alcool mis en œuvre est inférieur au poids moléculaire de l'alcool de l'éther-sel; les éthers-sels des glycols subissent également des réactions analogues (²).

Continuant cette étude, nous avons recherché qu'elle était l'action de différents alcools à faible poids moléculaire sur la triacétine de la glycérine.

Pour cela nous avons effectué les réactions suivantes :

$21^{cm^3},8$ de triacétine, soit $1/10^e$ de molécule ont été chauffés 8 heures au bain-marie en vase clos avec $50^{cm^3}$ d'alcool méthylique et $6^{cm^3}$ de potasse alcoolique normale, soit 2 pour 100 de la quantité d'alcali théoriquement nécessaire à la saponification totale des trois fonctions éther-sel.

On constate à l'ouverture une forte odeur d'acétate de méthyle. Le tout est distillé lentement à la pression normale et fournit une portion de tête où l'on titre l'acétate de méthyle par saponification avec un excès de potasse alcoolique et un résidu.

La saponification de la portion de tête absorbe $5^{cm^3},8$ de potasse, ce qui, par rapport aux trois fonctions éther-sel de la triacétine, correspond à un rendement de 48,3 pour 100.

(¹) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1020; **194**, 1932, p. 1655.
(²) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1506.

Exactement dans les mêmes conditions, l'alcool éthylique conduit à une alcoolyse de l'ordre de 43,2 pour 100 et l'alcool isopropylique à un rendement de 37,6 pour 100, résultats qui constituent une nouvelle confirmation de la règle que nous avons précédemment énoncée.

Nous avons profité de cette étude pour vérifier une observation déjà faite, à savoir que les fonctions éthers-sels d'alcools secondaires étaient plus sensibles à l'alcoolyse que les fonctions d'alcools primaires.

$43^{cm^3},6$ de triacétine, soit 1/5e de molécule, ont été chauffés au bain-marie à la façon habituelle avec $10^{cm^3}$ d'une solution demi-normale de potasse alcoolique ce qui correspond sensiblement à 1/5e de molécule d'alcool et à 2 pour 100 de la quantité théorique d'alcali.

La réaction terminée, on traite le tout par l'eau et l'éther. On obtient ainsi deux couches : une couche aqueuse qui contient la triacétine non alcoolysée, et une couche éthérée contenant l'acétate d'éthyle et la diacétine.

Or, dans la portion aqueuse, nous avons retrouvé, en effectuant un indice de saponification, une proportion de triacétine correspondant à 55,8 pour 100.

La solution éthérée, séchée et rectifiée, a donné :

1° une portion de tête contenant l'éther ordinaire;

2° une portion 45-120° à odeur nette d'acétate d'éthyle;

3° un résidu.

Dans la portion 45-120°, on titre l'acétate d'éthyle à la façon habituelle en chauffant en vase clos avec un excès de potasse alcoolique. On retrouve ici une porportion d'acétate d'éthyle de 42,6 pour 100, c'est-à-dire sensiblement de l'ordre de grandeur de la triacétine décomposée, soit $100 - 55,8 = 44,2$.

Enfin, dans le résidu, on retrouve également la même proportion de diacétine.

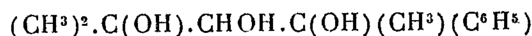
Cette expérience montre donc que lorsque la triacétine se trouve en milieu faiblement alcalin, en présence de peu d'alcool, l'alcoolyse s'effectue de préférence sur la fonction éther de l'alcool secondaire et que ce n'est qu'ensuite que les fonctions d'alcools primaires subissent à leur tour l'alcoolyse si la quantité d'alcool en présence le permet.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la phényltriméthylglycérine et sur quelques chlorhydrines de glycérines tétrasubstituées.* Note (¹) de M. **Henri Ravier**, présentée par M. Delépine.

Dans le but de généraliser les méthodes de synthèse des glycérines tétrasubstituées de MM. Pastureau et Bernard, j'ai essayé différentes réactions

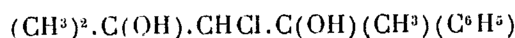
(¹) Séance du 7 mai 1934.

susceptibles de conduire à la phényltriméthylglycérine



et à quelques autres glycérines tétrasubstituées.

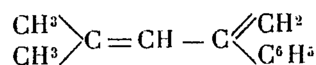
*Phényltriméthylglycérine.* — La chlorhydrine de cette glycérine



n'a pu être obtenue par fixation de l'acide hypochloreux sur la double liaison du phénylméthylpenténol $(CH^3)^2.C=CH.C(OH)(CH^3)(C^6H^5)$.

J'ai obtenu cet alcool par deux procédés différents : action du bromure de phénylmagnésium sur l'oxyde de mésityle et action du bromure de méthylmagnésium sur la cétone de Darzens $(CH^3)^2.C=CH-CO-C^6H^5$.

Il bout à 95-96° sous $9^{mm}$, densité à 20° : $d^{20}=0,9846$; indice de réfraction à 20° : $n_D^{20}=1,534$; $RM_D$ trouvée, 55,55; calculée, 55,27. Il est peu stable et tend à se déshydrater pour donner le carbure diéthylénique



que j'ai obtenu par action de l'acide oxalique sur l'alcool. Ce carbure bout à 77-80° sous $10^{mm}$, $d^{20}=0,9235$; $n_{20}^D=1,547$; $RM_D$ trouvée, 54,19; calculée, 53,26. La fixation de l'acide hypochloreux sur l'alcool non saturé conduit à la chlorhydrine non saturée $(CH^3)^2.C.CHCl.C(C^6H^5)=CH^2$, $Eb_9$ : 115-117° (Cl pour 100 trouvé, 17,17; calculé, 16,85); $n_D^{20}=1,54$; $d^{20}=1,09$; $RM_D$ trouvée, 60,6; calculée, 60,2.

L'action du bromure de phénylmagnésium sur la chlorhydrine de l'oxyde de mésityle donne avec un assez bon rendement la chlorhydrine de la phényltriméthylglycérine qui s'extrait par l'eau bouillante : cristaux fondant à 91°. (Cl pour 100 trouvé 15,18; calculé 15,53.) La saponification de cette chlorhydrine étant très laborieuse, j'ai essayé d'obtenir la phényltriméthyglycérine directement par action du bromure de phénylmagnésium (3 mol) sur le triméthyltriose $(CH^3)^2.C(OH).CHOH.CO.CH^3$, que j'ai pu obtenir abondamment par action du permanganate sur l'oxyde de mésityle en solution acétonique, suivant le procédé de Harries et Pappos. La réaction se fait bien et l'on obtient, après plusieurs reprises par l'eau, la phényltriméthylglycérine. Le corps reste assez longtemps en surfusion et finit par cristalliser. Les cristaux fondent à 74° et donnent à l'analyse (C pour 100 trouvé 68; calculé 68,57; H pour 100 trouvé 8,3; calculé 8,57).

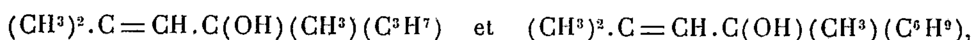
*Chlorhydrines des n-propyl et n-butyltriméthylglycérines.* — J'ai pu obtenir

ces chlorhydrines par action des bromures de *n*-propyl et de *n*-butylmagnésium sur la chlorhydrine de l'oxyde de mésityle. Ces deux substances sont liquides.

La première bout à 119-120° sous 10$^{mm}$; densité à 20° 1,061; $n^D_{20} = 1,467$. RM$_D$ trouvée, 50,85; calculée, 50,51. (Cl pour 100 trouvé, 18,08; calculé, 18,25.)

La deuxième bout à 129-130° sous 9$^{mm}$; densité à 20° 1,041; $n_D^{20} = 1,468$. RM$_D$ trouvée, 55,65; calculée 55,11. (Cl pour 100 trouvé 16,84; calculé 17,02.)

J'ai pu également obtenir ces deux chlorhydrines, mais avec un rendement moindre, par action de l'acide hypochloreux sur les alcools non saturés



$$(CH^3)^2.C = CH.C(OH)(CH^3)(C^3H^7) \quad \text{et} \quad (CH^3)^2.C = CH.C(OH)(CH^3)(C^6H^9),$$

qui se préparent par l'action des magnésiens correspondants sur l'oxyde de mésityle.

La saponification de ces chlorhydrines par les moyens habituellement employés conduit aux glycides correspondants dont l'hydratation est ensuite fort laborieuse.

*Diméthyldiéthylglycérine* $(CH^3)^2.C(OH).CHOH.C(OH)(C^2H^5)^2$. — J'ai préparé la chlorhydrine de cette glycérine par action du bromure d'éthylmagnésium sur l'éther : $(CH^3)^2.C(OH).CHCl.COOC^2H^5$, obtenu par Darzens en condensant le dichloracétate d'éthyle avec l'acétone sous l'influence de l'amalgame de magnésium. Cet éther correspond au produit de la fixation de l'acide hypochloreux sur l'éther diméthylacrylique



$$(CH^3)^2.C = CH.COOC^2H^5.$$

La chlorhydrine de la diméthyldiéthylglycérine bout entre 119 et 123° sous 10$^{mm}$ et cristallise immédiatement. Les cristaux fondent à 78° après recristallisation dans l'alcool (Cl pour 100 trouvé, 17,72; calculé, 18,2). Le rendement de l'opération est d'environ 20 pour 100.

Le carbonate de potassium saponifie cette chlorhydrine. Le produit de la réaction desséché dans le vide est repris par l'alcool-éther qui abandonne par évaporation un liquide sirupeux qui cristallise au bout d'un mois en fines aiguilles fondant à 91°.

La chlorhydrine traitée au sein de l'éther anhydre par la potasse fondue et pulvérisée donne après agitation et séparation un liquide incolore mobile qui doit constituer le glycide correspondant.

$d^{20} = 0,9167$; $n_D^{20}$, 1,436; RM$_D$ trouvée, 45; calculée, 44,63.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence du moment électrique sur le nombre de molécules de base fixées par un sel.* Note de M. **A. Ablov**, présentée par M. Delépine.

D'après la théorie électrostatique de la valence, la force de liaison entre le cation métallique et une molécule dipolaire est une fonction de la somme des moments : permanent et induit ([1]). Pour les anilines, molécules dipolaires, on peut admettre que le moment induit (dans le groupe amino par le cation) a presque la même valeur, que le noyau benzénique soit substitué ou non. En ce qui concerne le moment permanent de ces molécules, il varie. J. W. Williams ([2]) a montré que le moment permanent d'un dérivé benzénique peut être calculé approximativement en supposant pour chaque groupe substitué dans le noyau, un moment partiel dirigé vers le centre du noyau, ayant les valeurs : pour le groupe $NH^2$, $+1,5$; $CH^3$, $+0,4$; $OCH^3$, $-1,2$; Cl, $-1,5$ et Br, $-1,5$.

On peut prévoir que le moment partiel positif d'un substituant en position para par rapport à $NH^2$ affaiblit la force d'attraction entre la molécule de base et le cation; tandis que dans la position ortho il l'augmente; par contre, un substituant négatif agirait en sens inverse : dans la position para par rapport au groupe amino, il renforcerait la liaison entre le cation central et la base; en position ortho, il la diminuerait.

Pour pouvoir nous rendre compte si ces prévisions théoriques sont en concordance avec l'expérience, nous avons comparé les produits obtenus par addition des anilines substituées avec un sel. Nous avons choisi comme sel métallique le trichloroacétate de nickel, parce que nous avons constaté que dans ce sel l'anion ne possède pas d'affinité spécifique pour le cation ([3]).

Nous avons trouvé que ce sel donne avec les bases des produits d'addition comme nous l'avions prévu plus haut.

Ainsi l'aniline ($\mu = 1,51$) ([4]) et les trois toluidines ($\mu = 1,58$; $1,44$ et $1,31$)

---

([1]) Van Arkel et de Boer, *Chemische Bindung*, Leipzig, 1931, p. 169.

([2]) *Physik. Ztschr.*, 29, 1928, p. 683; Debye, *Polare Molekeln*, Leipzig, 1929, p. 65.

([3]) Dans un article qui paraîtra dans le *Bull. Soc. chimique*.

([4]) Les valeurs de $\mu$ sont multipliées par $10^{18}$; elles sont extraites des travaux de Tiganik, *Z. physik. Ch.*, (B), 14, 1931, p. 140, et de Donle et Gehokens, *Z. physik. Ch.*, (B), 18, 1932, p. 316.

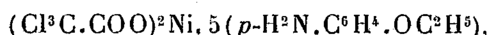
donnent toujours avec le trichloroacétate de nickel les tétrammines correspondantes $(Cl^3C.COO)^2Ni$, $4H^2N.C^6H^5$, $-4(o\text{-}H^2N.C^6H^4.CH^3)$, $H^2O$, $-4(m\text{-}H^2N.C^6H^4.CH^3)$ et $-4(p\text{-}H^2N.C^6H^4.CH^3)$.

Le moment du méthyle étant très faible par rapport à celui du groupe amino, son influence ne se ressent pas.

De même l'*o*-anisidine ($\mu = 1,5$) et la *p*-anisidine ($\mu = 1,8$) forment avec le trichloroacétate de nickel les tétrammines


$(Cl^3C.COO)^2Ni$, $4(o\text{-}H^2N.C^6H^4.OCH^3)$ et $4(p\text{-}H^2N.C^6H^4.OCH^3)$,

quoique le moment du groupe $OCH^3$ soit relativement grand par rapport à celui du groupe amino. Parmi les phénétidines, dont les moments électriques doivent être presque les mêmes que ceux des anisidines, le dérivé ortho forme une tétrammine $(Cl^3C.COO)^2Ni$, $4(o\text{-}H^2N.C^6H^4.OC^2H^5)$, tandis que le dérivé para donne une pentammine


$(Cl^3C.COO)^2Ni$, $5(p\text{-}H^2N.C^6H^4.OC^2H^5)$,

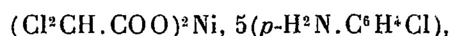
quoique le volume moléculaire de la *p*-phénétidine soit plus grand que celui de la *p*-anisidine.

Le chlore et le brome ont des moments électriques négatifs du même ordre de grandeur que celui du groupe amino : on pourrait s'attendre à voir ici l'influence de la position des substituants. En effet, la *p*-chlor ($\mu = 2,97$) et la *p*-bromaniline ($\mu = 2,99$) donnent avec le trichloroacétate de nickel des hexammines $(Cl^3C.COO)^2Ni$, $6(p\text{-}H^2N.C^6H^4Cl)$ ou $6(p\text{-}H^2N.C^6H^4Br)$, la méta ($\mu = 2,66$) et l'ortho-chloraniline ($\mu = 1,77$) seulement les triammines $(Cl^3C.COO)^2Ni$, $3(m\text{-}H^2N.C^6H^4Cl)$, $H^2O$ ou $3(o\text{-}H^2N.C^6H^4Cl)$, tandis que la *m*-bromaniline ($\mu = 2,65$) donne une tétrammine $(Cl^3C.COO)^2Ni$, $4(m\text{-}H^2N.C^6H^4Br)$, $H^2O$.

Dans ce dernier cas, le grossissement de volume du substituant (le brome par rapport au chlore) produit aussi l'augmentation du nombre de molécules de base additionnées, comme dans le cas du *p*-phénétidine.

Nous avons préparé aussi les produits d'addition de ces bases avec le dichloroacétate de nickel et nous avons constaté que l'aniline, la *m*-toluidine et la *p*-toluidine donnent les tétrammines : $(Cl^2CH.COO)^2Ni$, $4(H^2N.C^6H^5)$, $-4(m\text{-}H^2N.C^6H^4CH^3)$, et $-4(p\text{-}H^2N.C^6H^4.CH^3)$, mais avec l'*o*-toluidine on n'obtient pas de produit d'addition, probablement à cause de l'empêchement stérique. L'*o*-anisidine fournit une diammine $(Cl^2CH.COO)^2Ni$, $2(o\text{-}H^2N.C^6H^4.OCH^3)$, $1/_2H^2O$, tandis que l'*o*-phénétidine donne une tétramine $(Cl^2CH.COO)^2Ni$, $4(o\text{-}H^2N.C^6H^4.OC^2H^5)$.

La *p*-chloraniline donne une pentammine



$$(Cl^2CH.COO)^2Ni,\ 5(p\text{-}H^2N.C^6H^4Cl),$$

mais la *p*-bromaniline donne une hexammine — $6(p\text{-}H^2N.C^6H^4Br)$. Dans ce dernier cas, on voit de nouveau que l'augmentation de volume du substituant fait élever le nombre de molécules de base additionnées.

Comme on voit, le dichloroacétate de nickel fixe un nombre plus petit de molécules d'*o*-anisidine et de *p*-chloraniline que le trichloracétate. Ce fait peut être expliqué très facilement, en tenant compte que l'affinité spécifique de l'anion du dichloroacétate est plus grande que celle de l'anion du trichloroacétate.

Tous les produits d'addition décrits ont été obtenus par évaporation à l'air des solutions concentrées alcooliques des constituants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des sulfures organiques.* Note de MM. **C. Lefèvre** et **Ch. Desgrez**, présentée par M. A. Desgrez.

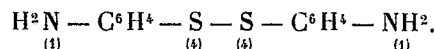
Nous avons signalé [1] que l'action du soufre sur des corps appartenant à la série aromatique permet d'obtenir, dans certaines conditions, des mono et bisulfures d'amines et de phénols.

Nous avons indiqué la préparation générale de ces corps et leurs principales propriétés.

Quelques-uns d'entre eux doivent faire l'objet d'une description spéciale.

*Bisulfure d'aniline.* — Il se prépare en chauffant à 140°, dans un ballon à reflux, 2 parties d'aniline, 1 partie de soufre, 2 parties de glycérine et 3 parties de carbonate de plomb. On épuise la masse noirâtre par l'alcool bouillant, on distille et l'on chauffe le résidu au bain-marie pour chasser l'aniline non entraînée. On redissout la masse dans un mélange d'alcool et d'éther éthylique, puis on ajoute $SO^4H^2$ dilué pour obtenir un sulfate qui cristallise. On le purifie par recristallisation dans l'alcool et, de sa solution aqueuse alcalinisée, on en retire la base qui est presque insoluble dans l'eau. C'est une poudre cristalline blanchâtre, fusible à 106°.

L'acide nitrique étendu transforme ce bisulfure, par scission de la molécule, en acide para-amino-benzène sulfonique. Cette réaction, rapprochée de l'analyse élémentaire, conduit à la formule



$$\underset{(1)}{H^2N} - C^6H^4 - \underset{(4)}{S} - \underset{(4)}{S} - C^6H^4 - \underset{(1)}{NH^2}.$$

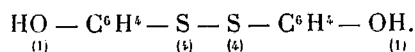
(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1432.

*Monosulfure d'aniline.* — Ce corps a été préparé par Hofmann en partant du chlorhydrate d'aniline ([1]).

Nous l'avons obtenu en chauffant, à 180°, le mélange qui nous avait servi à la préparation du bisulfure d'aniline. Dans l'extraction de la base, nous avons remplacé $SO^4H^2$ par HCl, le chlorhydrate cristallisant facilement. Le rendement est inférieur au précédent.

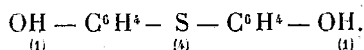
*Disulfure de phénol.* — On chauffe, à 120°, 2 parties de phénol, 1 partie de soufre et 5 parties d'une solution glycérinée de carbonate de sodium à 25 pour 100. La masse est reprise par l'eau chaude, puis précipitée par HCl. Le bisulfure est redissous dans l'alcool. C'est une poudre cristalline, se colorant facilement à l'air humide comme les phénols, peu soluble dans l'eau, fusible à 116°.

L'oxydation nitrique conduit à l'acide paraphénolsulfonique, ce qui, avec l'acétylation et l'analyse élémentaire, donne la formule



$$\underset{(1)}{HO} - C^6H^4 - \underset{(4)}{S} - \underset{(4)}{S} - C^6H^4 - \underset{(1)}{OH}.$$

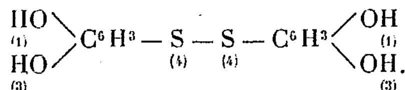
*Monosulfure de phénol.* — La réaction se passe comme la précédente, mais il faut chauffer à 180°. Le rendement est moins bon. Point de fusion : 95°. Formule :



$$\underset{(1)}{OH} - C^6H^4 - \underset{(4)}{S} - C^6H^4 - \underset{(1)}{OH}.$$

*Bisulfure de résorcine.* — Il peut s'obtenir, comme le bisulfure de phénol, en chauffant entre 100 et 120°. Le milieu aqueux, à 100°, donne un bon rendement.

Ce produit se décompose sans fondre. L'oxydation nitrique conduit à l'acide pararésorcinosulfonique, ce qui, avec l'acétylation et l'analyse élémentaire, donne la formule



$$\begin{matrix}\underset{(1)}{HO} \\ \underset{(3)}{HO}\end{matrix}\!\!>C^6H^3 - \underset{(4)}{S} - \underset{(4)}{S} - C^6H^3\!\!<\!\!\begin{matrix}\underset{(1)}{OH} \\ \underset{(3)}{OH.}\end{matrix}$$

*Monosulfure de résorcine.* — Il s'obtient comme le monosulfure de phénol.

*Sulfures de pyrogallol.* — Ces produits se préparent comme les précédents. La réaction commence à 80°.

*Autres sulfures phénoliques.* — Le gaïacol, le naphtol et le bornéol se conduisent comme le phénol en présence du soufre. Les rendements sont moins bons.

*Bisulfure d'acide salicylique.* — Ce corps, décrit par Heyden ([2]) sous le nom d'acide dithiosalicylique, peut se préparer, par notre méthode générale, en chauffant à 145°.

*Disulfure d'acide gallique.* — On l'obtient en chauffant vers 115°.

La sulfuration des phénols est d'autant plus facile que le corps considéré contient plus de groupements hydroxylés dans sa molécule.

---

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 27, 1894, p. 2807.

([2]) Brevet allemand 46413.

L'étude de l'action du soufre sur les amines et les phénols contenant des groupements carbonylés CO, carboxylés CO.OH ou sulfonés $SO^2.OH$, montre que ces groupements diminuent l'affinité de la molécule initiale, amine ou phénol, vis-à-vis du soufre. En pareil cas, la réaction se fait à une température plus élevée et le rendement est diminué.

Nous n'avons constaté aucune action du soufre, dans nos conditions d'expérience, sur les corps ne renfermant que des groupements carbonylés, carboxylés, carbamidés, sulfonés ou sulfamidés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la formation d'aldéhyde formique dans l'oxydation de l'alcool éthylique.* Note (1) de M. **Michel Flanzy**, transmise par M. Paul Sabatier.

La formation d'aldéhyde formique dans l'oxydation de l'alcool éthylique a été signalée, en particulier par E. Voisenet (2), L. O. Wright (3) et moi-même (4). J'ai tenu à en préciser les conditions et montrer la généralité de cette formation à partir de divers systèmes oxydants; en particulier, à partir des diverses méthodes d'oxydation utilisées pour la caractérisation de $CH^3OH$ en présence de $C^2H^5OH$. Tous les essais ont été faits avec des solutions pures de $C^2H^5OH$ rigoureusement exemptes de $CH^3OH$.

*Mélanges manganiques.* — Aux températures voisines de 100°, et pour une concentration très élevée d'acide phosphorique ou sulfurique, il y a formation de traces de formol, plus abondantes avec ce dernier acide. Aux températures modérées, et pour des concentrations quelconques de réactif, cette formation n'a pas lieu.

*Eau oxygénée.* — En milieu sulfurique et en présence de sel ferreux, la réaction est normale; il n'y a jamais formation de HCOH. Mais en milieu fortement ammoniacal, la formation de HCOH est constante. Par addition de tournure de cuivre, la quantité de HCOH formé est plus abondante. En milieu alcalin, mais sans $NH^4OH$, il y a formation de $HCO^2H$. La formation de HCOH est plus importante à partir des dérivés de $C^2H^5OH$ : l'éthylamine et l'iodure d'éthyle; en versant sur $1^{cm^3}$ de $C^2H^5I$, $100^{cm^3}$ de

(1) Séance du 7 mai 1934.

(2) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 40.

(3) *Ind. and Eng. Chem.*, 19, 1927, p. 750-752.

(4) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 94.

$H^2O^2$ à 10 pour 100, 2$^g$ de tournure de cuivre et 5$^{cm^3}$ de $NH^4OH$ à 22° B., il se produit une vive réaction avec formation constante de HCOH. Sans $NH^4OH$, la réaction est beaucoup plus lente, et HCOH n'apparaît qu'à l'état de traces. Avec l'éthylamine, l'ammoniaque est sans effet, mais le cuivre augmente la proportion de HCOH.

*Persulfates.* — Aux températures voisines de 100° et sous une forte concentration de sel et de $SO^4H^2$, il se produit des traces de formol. Aux températures modérées et pour de faibles concentrations d'oxydant, cette formation n'a pas lieu. Mais, dans les mêmes conditions opératoires l'éthylamine donne des traces de HCOH.

*Oxygène catalytique.* — Un mélange d'air et de vapeurs alcooliques au contact d'amiante chargée d'oxyde de cuivre (chauffée à 300°) dégage une quantité importante de HCOH. Dans un essai où l'amiante était contenue dans un tube de verre de 4$^{mm}$ de diamètre intérieur placé dans le bloc Maquenne, j'ai obtenu 20$^{mg}$ de HCOH à partir de 80$^{mg}$ de $C^2H^5OH$.

*Mélange sulfochromique.* — Aux températures voisines de 15°, il ne se forme jamais de HCOH, quelles que soient les concentrations des réactifs; il en est de même aux températures voisines de 60°, si la concentration de l'alcool est plus élevée que la concentration en oxygène actif; aux températures voisines de 100°, la formation de HCOH est générale, et d'autant plus importante que la concentration en oxygène actif est supérieure à la concentration en $C^2H^5OH$. Quand ce rapport est inversé, il s'en forme des traces au début de l'oxydation seulement.

Dans un essai, 25$^{cm^3}$ d'une solution de $Cr^2O^7K^2$ à 35$^g$ par litre, portés à l'ébullition dans un ballon de 100$^{cm^3}$, reçurent goutte à goutte une solution alcoolique formée par 5$^{cm^3}$ de $C^2H^5OH$ à 1 pour 100 et 4$^{cm^3}$ de $SO^4H^2$ à 50 pour 100. Je recueillis 5$^{mg}$ de HCOH.

A la suite d'une étude systématique de l'oxydation sulfochromique, j'ai constaté que si l'oxydation s'amorce d'abord à froid, on peut la poursuivre en élevant la température jusqu'à 100°, sans qu'il y ait formation de HCOH. Cette observation capitale démontre qu'indépendamment de la composition de tout système oxydant l'oxydation semble subir à l'origine une certaine « orientation ». Celle-ci est normale si l'oxydation est modérée; elle devient en partie anormale si l'oxydation s'effectue avec un grand excès d'oxydant et à température élevée; et pour des concentrations identiques en oxygène actif les mélanges oxydants agissent dans le sens de cette anormalité avec des intensités différentes. Dans tout système oxydant il faut donc considérer : 1° la concentration en oxygène actif indépendante du système et agissant

suivant la loi d'action de masse; 2° l'énergie de cet oxygène variable d'un système à l'autre et qui différencie les oxydants doux des oxydants forts.

La formation de HOCH est à rapprocher des faits suivants : 1° la présence d'alcool vinylique dans les solutions de $CH^3COH$ (¹); 2° le dégagement constant de HCOH dans l'oxydation violente des composés organiques renfermant le radical — CH OH — (²).

On peut penser : 1° qu'il se forme successivement ou simultanément de l'aldéhyde acétique et de l'alcool vinylique comme premiers termes d'oxydation de $C^2H^5OH$; 2° que sans préciser le mécanisme intime de l'oxydation, il se forme $CH^2 = O$ par fixation d'un atome d'oxygène sur $CH^2 = CHOH$. Le radical CHOH libéré s'isomérise pour donner HCOH. On obtient ainsi $2^{mol}$ de HCOH. Celles-ci oxydées à leur tour donnent régulièrement $HCO^2H$ puis $CO^2$. La formation de $CO^2$ signalée par Nicloux (³) est ainsi parfaitement établie.

Quel que soit l'oxydant utilisé ces résultats démontrent l'extrême généralité de la formation de HCOH à partir de $C^2H^5OH$, dans certaines conditions opératoires.

Aussi la présence de HCOH dans de tels systèmes n'est pas toujours corrélative de la présence initiale de $CH^3OH$; par suite, l'interprétation de résultats basés sur cette corrélation présumée doit se faire avec une extrême circonspection. Il n'en est rien s'il s'agit de méthodes à système oxydant très modéré, agissant à froid : c'est le cas de la méthode d'oxydation que nous avions établie, M. Semichon et moi (⁴).

MINÉRALOGIE. — *Observations sur la composition chimique des palygorskites.* Note (⁵) de Mlle **Simonne Caillère.**

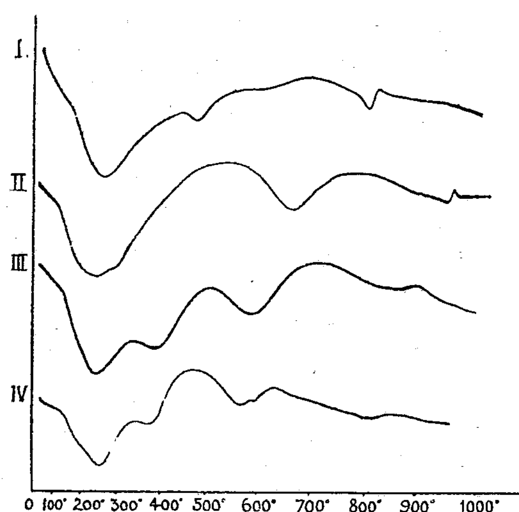
Le nom de *palygorskites* a été appliqué, dans un sens trop général, aux minéraux possédant un même faciès et appelés par les anciens minéralogistes lièges, cuirs et cartons de montagnes. Tous ces silicates se présentent en masses blanches, feuilletées, plus ou moins fibreuses et flexibles,

(¹) Svend Aage Schou, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1452.
(²) L. Semichon et M. Flanzy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1827 et 2063.
(³) *B. S. Ch. Biol.*, 13, 1931, p. 864.
(⁴) *Ann. Fals. Fraudes*, 24, 1931, p. 80.
(⁵) Séance du 7 mai 1934.

dont les propriétés physiques, délicates à déterminer, peuvent difficilement servir de base à une classification. Les densités sont voisines et la structure microscopique se résout toujours en un enchevêtrement de fibres cristallines, parfois d'une extrême finesse (diamètre inférieur à 0mm,003). Malgré ces caractères communs, M. Fersmann (1) a montré que ces lièges, cuirs et cartons de montagnes pouvaient appartenir à des espèces différentes (palygorskites véritables, sépiolites, trémolites).

En utilisant l'analyse chimique et l'étude thermique différentielle, faite à l'aide du dispositif Saladin-Le Chatelier, j'ai pu constater que ce faciès est commun à un beaucoup plus grand nombre d'espèces. En effet parmi les *palygorskites* de la collection du Muséum j'ai pu distinguer :

1° *Des serpentines.* — A ce premier groupe appartient un échantillon du Saint-Gothard, dont la composition chimique (1) et la courbe d'analyse




thermique sont caractéristiques des antigorites $\alpha$ (2). Des résultats identiques ont été obtenus avec un minéral de Johangeorgenstadt (Saxe).

2° *Des sépiolites.* — C'est le cas du minéral du Mont Bity (Madagascar) dont l'analyse (2) et la courbe (I) de déshydratation sont celles d'une

---

(1) *Mémoire Acad. Sc. Saint-Pétersbourg*, 8e série, *Classe Physico-Mathématique*, **22**, II, 1913, p. 80, 82, 270.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1354.

sépiolite typique. Une courbe identique présentant les trois crochets endothermiques à 150°, à 440° et à 800° a été fournie par les échantillons de Portsoy, de Vallecas et de Dehrio (Chili).

3° *Des argiles.* — A ce type il faut rapporter la « palygorskite » de la Rochette près Allevard (Isère). Ce minéral se présente sous deux aspects : l'un jaunâtre (3), l'autre blanc verdâtre (4) dont les compositions très voisines se rapprochent beaucoup de celle d'une argile. Il possède la propriété de se gonfler beaucoup dans l'eau et prend alors l'aspect d'une masse de gélatine. La courbe d'analyse thermique (II) est analogue à celle de la termiérite et présente outre le départ de l'eau hygroscopique un crochet endothermique vers 550° et une légère inflexion exothermique vers 960° caractéristiques des argiles kaoliniques.

4° *Des palygorskites véritables.* — Ce sont des silicates hydratés d'aluminium et de magnésium (5, 6, 7). Les courbes de ces trois échantillons de Kadainsk (Sibérie) (5), de Nijni Novgorod (6) et du Vigan (Gard) (7, IV) possèdent les mêmes particularités et sont identiques à celles des palygorskites de Mevatanana (Madagascar) (III), de M' Fouati (Moyen Congo), d'Odivellas (Portugal), et de Gorbatov. Elles possèdent trois crochets endothermiques à 150°, à 340° et à 520° et parfois de très faibles inflexions à 800° et vers 920°. L'interprétation de ces résultats est délicate et peut être faite à l'aide de deux hypothèses :

*a.* Celle de M. Fersmann qui consiste à envisager ces minéraux comme résultant de la combinaison de *m* molécules de sépiolite $H^8Mg^2Si^3O^{12}$ avec *n* molécules de paramontmorillonite $H^4Al^2Si^4O^{13}+3H^2O$. Cette hypothèse permet d'expliquer l'analogie des courbes entre elles mais ne concorde qu'imparfaitement avec les résultats de l'analyse chimique.

*b.* Considérer les palygorskites comme des mélanges physiques de deux minéraux. Cette deuxième hypothèse donne une meilleure interprétation des analyses chimiques mais ne s'applique qu'avec difficulté à la forme des courbes. En effet, il est possible de rapporter le crochet à 520° à la déshydratation du composé argileux, qui serait d'ailleurs une kaolinite et non une montmorillonite. Quant à l'inflexion à 340°, elle devrait être caractéristique du silicate magnésien qu'il est difficile d'identifier à la sépiolite car j'ai toujours constaté que la température de déshydratation (donnée par l'analyse thermique) de ce dernier minéral est un peu plus élevée.

Une étude plus complète de la déshydratation de ces minéraux permettra peut-être de choisir entre ces deux interprétations.

| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$........ | 40,41 | 52,77 | 45,20 | 46,17 | 46,67 | 51,17 | 61,94 |
| $Al^2O^3$....... | 0,29 | 0,90 | 30,05 | 29,43 | 9,84 | 13,73 | 10,64 |
| $Fe^2O^3$....... | 0,77 | 3,70 | 1,07 | 0,59 | 0,98 | 1,55 | 3,77 |
| $FeO$........ | 0,50 | 0,31 | 0,20 | 0,15 | 1,22 | 0,31 | |
| $CaO$........ | 0,80 | 0,54 | 4,62 | 3,20 | 8,36 | 2,89 | 2,44 |
| $MgO$........ | 39,70 | 21,45 | 0,34 | 0,45 | 8,94 | 6,40 | 3,33 |
| $K^2O$........ | – | – | 0,33 | 0,92 | – | – | – |
| $Na^2O$........ | – | – | 2,83 | 3,81 | – | – | – |
| $H^2O^-$....... | 2,41 | 10,80 | 9,72 | 9,23 | 8,29 | 10,29 | 6,97 |
| $H^2O^+$....... | 14,68 | 9,73 | 6,04 | 5,59 | 15,84 | 13,24 | 10,44 |
| | 99,56 | 100,20 | 100,40 | 99,54 | 100,14 | 99,65 | 99,53 |
| Densités..... | 2,383 | 2,21 | 2,36 | | 2,29 | 2,30 | – |
| Indices...... | – | $n'_p$=1,4997 | $n$ = 1,5499 | | – | – | $n'_g$=1,53 |

GÉOLOGIE. — *Primaire et Crétacé entre le Tibesti et l'Aïr.* Note de MM. **Raymond Furon** et **Conrad Kilian**, présentée par M. L. Cayeux.

Le rôle joué par les sédiments primaires entre le Tibesti et l'Aïr n'a pas été mis suffisamment en lumière, particulièrement dans le Kaouar.

La falaise de Bilma, haute de 150$^m$ environ, a été généralement considérée par les auteurs comme crétacée. D'après les récits des explorateurs, elle semble analogue à celle de Djado, dont elle pourrait bien n'être que la continuation (R. Chudeau et E. Suess). La situation du piton de Kaou Tilo par rapport à la montagne de Bilma paraît comparable à celle du Sidi Kao et de la montagne de Djado et à celle du Kao Karama et du plateau de Manguéni [1] vus par l'un de nous (C. K.). Or, ces falaises et témoins sont formés de grès primaires. Notre comparaison se trouve étayée par l'examen d'un échantillon provenant de la falaise de Bilma (Muséum, Collection Rottier) : un grès blanc à ciment siliceux, tout à fait identique à ceux rencontrés (C. K.) dans les contreforts du Zergamouchi, plateau primaire dominant au SW, le Madama, en direction d'Afunki. D'autre part, la hauteur même de la falaise paraît exclure l'hypothèse qu'elle soit composée des grès de base de la série crétacée; dans les

(1) Nous appelons plateau de Manguéni ce que les Tédagouna appellent ainsi, c'est-à-dire seulement l'élément tabulaire que draine le Manguéni au voisinage du point d'eau temporaire du même nom (C. K.).

falaises de la bordure méridionale de l'Aïr, l'épaisseur de ces grès ne dépasse guère 50$^m$, encore sont-ils rares, tendres et mêlés de formations argileuses.

Le Crétacé occupe les régions s'étendant au bas des falaises primaires. Il a été lui-même érodé jusqu'à mettre parfois à nu des argiles salifères situées à la base du Crétacé, qui constitueraient l'élément originel du sel du Kaouar.

Le Crétacé semble l'élément dominant de tous les bas pays situés autour du Kaouar et notamment former le fond du bassin synclinal du Tafassasset Sud, au nord de Fachi, à l'ouest de la crête paléozoïque d'Achegour. Nous pouvons l'affirmer pour le Ténéré en signalant la découverte par le commandant Wauthier d'un fragment de *Neolobites* (Cénomanien) (1), à rapprocher de celle d'*Exogyra olisiponensis* (Cénomanien supérieur ou Turonien) publiée par l'un de nous (R. F.) (2), entre Chirfa et Tiffa. Rappelons l'observation de Rohlfs (3), indiquant des empreintes d'Ammonites au sud de Bilma (Turonien?) et la découverte par Monteil (4) de *Nœtlingia Monteili* (Sénonien). S'il existe de l'Eocène marin, il est intimement lié au Crétacé supérieur comme au Soudan. Il faut remarquer que les découvertes de Rohlfs et de Monteil, au moins, ont été faites au long des pistes du Kaouar, lesquelles, étant donné leur importance et les descriptions des voyageurs, ne sont certainement pas sur les hauteurs.

De même, vers l'ouest, le nord et le nord-est de Kaouar, les reliefs les plus saillants paraissent être constitués par du Primaire et sont ennoyés vers leur base (quand l'érosion ne les en a pas dépouillés) par des formations crétacées. Sous le Crétacé, le substratum précambrien peut même apparaître localement par exhumation de la topographie antecénomanienne. Le Tertiaire et le Quaternaire continentaux peuvent naturellement masquer le fond structural essentiel.

Dans le vaste ensellement de formations primaires séparant les deux pays cristallins précambriens du Tibesti et du Massif central saharien (et son apophyse nord-est de Djado), ce régime se traduit par des sortes d'archipels d'îlots primaires émergeant d'un fond crétacico-tertiaire. L'un

---

(1) Ce document a été confié au Trocadéro, par le commandant Wauthier, pour l'Exposition du Sahara.

(2) R. Furon, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1033.

(3) *Petermann's Mitt. Ergänzung*, 1868, H. 25.

(4) A. de Lapparent, *Comptes rendus*, 132, 1901, p. 388.

de ces archipels s'étend de la montagne de Djado au Tibesti, un second, entre les Monts dits de Tummo (Nord-Sud) et le Tibesti également.

MM. H. Douvillé et J. Tilho ont récemment repris l'hypothèse d'une communication marine entre la zone du Tchad et la Tripolitaine au Crétacé ([1]). C'est au travers de ces archipels qu'ont peut-être existé de telles communications entre la Libye et les régions soudanaises. Le bas pays de Madama (argiles rouges, parfois gypsifères et grès friables ocrés ou citrins, crétacico-tertiaires) ne paraît pas mener à un passage vers le Nord, par son diverticule de Tummo (C. K.).

Une reconnaissance géologique de la région d'Afafi permettrait de compléter très heureusement les données nouvelles que nous venons d'exposer.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Au sujet d'une discussion théorique sur la distribution de l'ozone dans l'atmosphère et l'*Umkehreffekt. Note de M. **J. Gauzit**, présentée par M. Ch. Fabry.

Deux méthodes très différentes sont utilisées pour étudier la répartition de l'ozone dans l'atmosphère : d'une part la visée directe du Soleil, d'autre part la méthode du ciel bleu, imaginée par Cabannes et Dufay ([2]). On sait que l'étude du spectre de la lumière diffusée par le ciel a montré l'existence d'un fait inattendu, découvert par P. Götz ([3]) et appelé par celui-ci *Umkehreffekt :* si l'on étudie dans la lumière diffusée par le ciel au zénith les intensités I et I' de deux radiations de longueurs d'onde $\lambda$ et $\lambda'$, l'une $\lambda$ fortement absorbée par l'ozone, l'autre $\lambda'$ faiblement absorbée, la quantité $\log I/I'$ varie avec la hauteur du Soleil et passe généralement par un *minimum* pour une hauteur de 5° environ. On a interprété cet effet en admettant que, lorsque le Soleil approche de l'horizon, une portion importante de la lumière est diffusée par la très haute atmosphère, soit à l'intérieur et au-dessus d'une distribution étendue d'ozone [D. Chalonge ([4])], soit même au-dessus d'une simple couche [Götz ([5])]; dans les deux hypo-

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1012.
([2]) *J. de Phys.*, 6e série, **8**, 1927, p. 125.
([3]) *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, **31**, 1931, p. 119.
([4]) *J. de Phys.*, 7e série, **3**, 1932, p. 21.
([5]) *Ergebnisse der kosmischen Physik*, **1**, p. 180 (Leipzig, 1931).

thèses les calculs numériques ont été menés jusqu'au bout et ont montré la possibilité de l'Umkehreffekt.

Or, dans un récent article théorique [1], Chaim L. Pekeris prétend prouver que les calculs faits jusqu'ici sont erronés ou mal interprétés. Pekeris affirme que, *quelle que soit la distribution de l'ozone dans l'atmosphère*, ni la diffusion primaire, ni la diffusion secondaire ne peuvent expliquer l'Umkehreffekt; il envisage ensuite diverses hypothèses qui ne donnent d'ailleurs pas l'explication des faits expérimentaux. Je pense que sa démonstration est insuffisante.

En effet, envisageons le calcul de Pekeris sur la diffusion primaire. L'auteur affirme que $f(r)$, $\varphi(r)$, $f'(r)$, $\varphi'(r)$ étant quatre fonctions positives, si $\varphi(r) > \varphi'(r)$, on doit avoir évidemment

$$\frac{\int f(r)\varphi(r)\,dr}{\int f'(r)\varphi'(r)\,dr} - \frac{\int f(r)\,dr}{\int f'(r)\,dr} \geqq 0 \quad \text{ou} \quad \frac{\int f(r)\varphi(r)\,dr}{\int f(r)\,dr} - \frac{\int f'(r)\varphi'(r)\,dr}{\int f'(r)\,dr} \geqq 0,$$

le signe $\int$ désignant des intégrales définies, calculées toutes entre les mêmes limites.

Or le théorème de la moyenne permet d'écrire, dans le cas où les fonctions $f(r)$ et $f'(r)$ sont positives et $\varphi(r)$ et $\varphi'(r)$ continues,

$$\int f(r)\varphi(r)\,dr = \varphi(r_1)\int f(r)\,dr \qquad \text{et} \qquad \int f'(r)\varphi'(r)\,dr = \varphi'(r_2)\int f'(r)\,dr,$$

$r_1$ et $r_2$ étant deux valeurs de $r$ comprises entre les limites d'intégration. Mais, avec les seules hypothèses énoncées ci-dessus, on ne peut rien dire sur les valeurs relatives de $\varphi(r_1)$ et $\varphi'(r_2)$; or pour que l'inégalité de Pekeris fût vérifiée, il faudrait que l'on eût $\varphi(r_1) \geqq \varphi'(r_2)$. J'ignore si Pekeris a négligé d'énoncer explicitement son argumentation, ou s'il s'est contenté d'une évidence apparente.

D'autre part, Pekeris critique l'interprétation des calculs de Götz, qui ont été conduits d'une manière analogue à celle qu'il propose lui-même, parce que Götz, au lieu de comparer *deux radiations pour une distribution d'ozone*, calcule log I/I' en prenant pour I une radiation fortement absorbée par l'ozone et pour I' ce que l'on obtiendrait s'il n'y avait pas d'ozone. A son avis ce rapport des intensités diffusées pour *une longueur d'onde* et pour

---

[1] *University Observatory*, Oslo, publication n° 9, 1934, p. 1.

*deux distributions différentes* de l'ozone n'a aucune relation avec l'Umkehreffekt. Ce serait évidemment vrai si l'on envisageait deux distributions *quelconques* de l'ozone. Mais l'expression calculée par Götz a une signification physique : elle est proportionnelle à l'épaisseur moyenne d'ozone traversée par la lumière arrivant à l'observateur. Si l'Umkehreffekt se manifeste quand on compare, pour une mesure, l'intensité I d'une radiation fortement absorbée à l'intensité I' d'une radiation peu absorbée, on l'obtient *a fortiori* pour la même radiation I et une radiation I' située dans la région de transparence de l'ozone. On comprend donc, par raison de continuité, la légitimité des calculs de Götz, qui correspondent bien aux conditions physiques de l'Umkehreffekt.

ZOOLOGIE. — *Destruction périodique de la faune des rivières du grand Chaco par des variations de salure.* Note de M. **J. Vellard**, présentée par M. M. Caullery.

Les rivières de la partie occidentale du grand Chaco offrent des conditions de vie très spéciales. Elles écoulent vers le rio Paraguay les eaux des lagunes et des grands marécages de l'intérieur. Leur débit est très irrégulier et leur cours sujet à des déplacements fréquents. Les plus importantes sont le Pilcomayo et le Confuso, canaux de décharge de l'Estero Patiño, vaste marais de près de $100^{km}$ de large, où se perdent, vers le 60° long. W, les eaux du Haut-Pilcomayo. Elles ont une faune nombreuse d'eau douce, semblable à celle du rio Paraguay.

La plupart des terres du grand Chaco sont formées d'argiles imperméables et salées à quelques centimètres de profondeur; seule la partie tout à fait superficielle, lavée par les crues et les pluies, est à peu près dépourvue de sel. Dans la région périphérique du grand Chaco, un peu plus basse que le centre, ces argiles sont recouvertes d'alluvions provenant de la Cordillère et déposées par les crues; les rivières creusent leur lit dans ces alluvions meubles jusqu'au terrain salé. Pendant l'été, les pluies sont abondantes au Chaco. Sous leur action, s'ajoutant à celle de la fonte des neiges dans la Cordillère, les lagunes et les marais se remplissent et débordent recouvrant la périphérie du Chaco d'une vaste nappe d'eau.

Pendant l'hiver, les pluies sont presque nulles; la région se dessèche. Les eaux, ne pouvant pénétrer dans le sol imperméable et durci par le soleil, s'évaporent ou se concentrent dans quelques marais et lagunes. La plupart

des rivières se tarissent ou ne sont plus marquées que par des chapelets de mares. Seules quelques-unes, comme le Pilcomayo et le Confuso, conservent un faible courant. Mais, à mesure que leur volume diminue, leurs eaux se chargent de sel enlevé au sol qu'elles lavent continuellement. Elles deviennent imbuvables et impropres à la vie de leurs hôtes d'eau douce. Les poissons meurent en masse, tous ceux d'une même espèce presque au même moment, mais les différences de résistance entre les diverses espèces sont très grandes; quelques-unes survivent plusieurs semaines. J'ai suivi de près ce phénomène, sur les bords du Confuso, en septembre 1931. Il est arrivé, à plusieurs reprises, que, dans l'espace de 24 heures, une espèce disparaisse entièrement du fleuve; il a suffi d'une pluie légère pour arrêter la mortalité pendant 2 jours.

Parmi les espèces les plus communes et faciles à identifier, les premières détruites ont été les dorados (*Salminus brevidens*) et peu après les pacus (*Pirartus brachypomus*) et espèces voisines. Les *Siluridæ* ont vécu bien plus longtemps, mais en présentant de notables différences entre eux : les bogas (*Lepurinus obtusidens*), suivies de près par les viejas (*Loricaria plecostoma*), ont disparu deux semaines avant les bagres (*Pimelodus, Heptaterus*) et les surubis (*Pseudoplatystoma corucans*). Les pirañas (*Pygocentrus pirania*) sont encore plus résistantes; les raies (*Tæniura* diverses) ont succombé les dernières. La résistance de ces diverses espèces est à peu près d'accord avec leurs affinités marines. Dès le début de la mortalité, les *Lepidosiren* étaient devenus introuvables et les crabes s'étaient profondément enterrés. Les insectes aquatiques se sont montrés en général assez résistants, les Coléoptères plus que les Hémiptères; les dytiques, qui ont survécu le plus longtemps, sont morts avec les derniers poissons.

Fin août, le bras nord du Pilcomayo était entièrement dépeuplé et ses rives couvertes d'efflorescences salines. Le bras sud contenait encore assez d'eau à la fin de septembre et la mortalité n'avait pas commencé. Les derniers poissons mouraient au début d'octobre dans le Confuso et les rives étaient couvertes de cadavres. Suivant les années et le délit respectif de ces rivières, ces données varient.

Les poissons morts ne se décomposent pas entièrement dans ce milieu salé; ils se déposent en bancs énormes dans les endroits calmes, les coudes de la rivière ou sur les bancs de sable et sont peu à peu recouverts d'alluvions.

La plupart des lagunes, où les courants sont nuls et dont beaucoup sont à cette époque privées de communications avec les rivières, restent douces.

Leurs eaux calmes ne peuvent fouiller le sol argileux et salé; leur fond est formé d'alluvions amenées par les crues et de débris organiques. Elles sont encombrées de végétation, couvertes de roseaux et se prolongent par d'interminables palmeraies inondées. La vie aquatique s'y maintient; elles servent de réserves, d'où les animaux repassent dans les rivières après les premières pluies et le début de la crue, quand les eaux sont suffisamment diluées. L'estero Patiño est le grand vivier naturel de toute la région sud du grand Chaco.

Cette destruction périodique de la population entière d'un cours d'eau, provoquée par des variations de salure et son enfouissement rapide par les alluvions, ont dû se produire avec plus de fréquence et d'intensité aux périodes géologiques. Ceci permettrait d'expliquer, mieux que toute autre hypothèse, la formation de certains bancs de poissons fossiles, dont l'origine est difficile à comprendre autrement.

EMBRYOGÉNIE. — *Nouvelles observations sur la lignée germinale de l'Annélide* Salmacina Dysteri, *Huxley*. Note de M. **Alphonse Malaquin**, présentée par M. Caullery.

L'origine des cellules sexuelles primordiales ou gonocytes primordiaux et leur ségrégation dans les premiers stades du développement présentent un intérêt particulier chez les groupes d'Invertébrés dont le lignage des blastomères révèle la présence constante et la destinée d'une des cellules du quatrième quartette, le blastomère $4d$. Il a été démontré, chez plusieurs groupes, spécialement les Annélides et les Mollusques, que ce blastomère produit les deux initiales M du mésoderme cœloblastique. J'ai exposé, d'autre part [1], que chez le Polychète *Salmacina Dysteri* Huxley, les initiales sexuelles se séparent des deux blastomères M et dérivent en conséquence de $4d$.

Or, depuis cette publication, H. Woods (1931) a mis également en évidence chez un lamellibranche *Sphærium striatinum* Lam., l'origine des gonocytes primordiaux aux dépens de la lignée de $4d$, apportant une confirmation positive d'une telle origine chez un représentant du groupe des Mollusques. Chez *Sphærium*, les cellules M, issues de $4d$, produisent d'abord deux générations de petites cellules mésodermiques, avant que

(1) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 324.

s'opère la ségrégation des gonocytes primordiaux; cette ségrégation a donc lieu à la troisième génération à partir de M, c'est-à-dire à la quatrième génération à partir de $4d$.

De nouvelles recherches me permettent de confirmer mes observations antérieures et d'apporter certaines précisions sur la ségrégation des cellules sexuelles primordiales, chez *Salmacina Dysteri*, aux dépens du blastomère $4d$.

Au stade de la segmentation compris entre 40 et 44 blastomères ([1]), la cellule $4d$ est la plus volumineuse; elle est placée dans la région postérieure et dorsale de la blastule et fait saillie assez fortement par son bord postérieur, tandis que son bord antérieur s'engage en profondeur vers le centre de la blastule. C'est le début de l'invagination gastruléenne, et l'enfoncement en profondeur de $4d$ marque en quelque sorte la phase préparatoire de la gastrulation.

Le blastomère $4d$ se divise; l'axe du fuseau de cette mitose est perpendiculaire à l'axe antéro-postérieur de l'embryon. Les deux blastomères, l'un à gauche, l'autre à droite, résultant de cette division sont désignés généralement par la lettre M, signifiant les initiales du mésoderme cœloblastique. Puis ces deux blastomères gagnent de plus en plus en profondeur, l'invagination gastruléenne s'accuse davantage; mais le blastopore est encore très étendu à ce moment. Chacune des deux grosses cellules se divise à son tour; cette fois, l'axe des fuseaux de ces deux mitoses présente une direction perpendiculaire à l'axe du fuseau de la mitose $4d$, ce qui est normal; ils sont par conséquent parallèles à l'axe de symétrie antéro-postérieur. Mais ces mitoses offrent un caractère singulier, par rapport aux précédentes. La division, très inégale, donne deux petites cellules, dont la taille apparaît d'autant plus exiguë que les cellules mères sont de grandes dimensions; mais il faut observer cependant que leur taille n'est en rien inférieure aux cellules qui seront produites lors des mitoses ultérieures des blastomères. L'aspect de ces mitoses est donc très frappant; il a pu faire penser à des éléments vestigiaux (Wilson), ou encore à une ressemblance avec l'émission de globules polaires (Prenant), mais ce n'est là qu'une apparence.

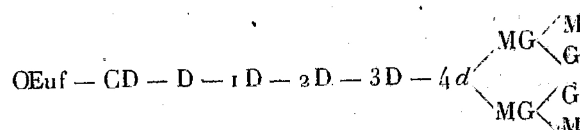
Ce sont ces deux petits blastomères qui sont les deux initiales sexuelles,

---

([1]) C'est sensiblement à ce stade que $4d$ est différencié chez *Arenicola* (Child); toutefois le nombre des blastomères est moindre chez *Salmacina* qui ne comporte que 8 trochoblastes primaires, au lieu de 16 chez *Arenicola*.

ou gonocytes primordiaux, qui, respectivement, restent accolées et comme encastrées dans les deux grosses cellules dont elles sont issues. Ces deux groupes de cellules occupent ensuite la paroi de l'archentéron, situation que j'ai indiquée dans ma Note de 1925. On peut désigner, en conséquence, les deux blastomères issus de $4d$, chez *Salmacina*, par le symbole double MG (au lieu de M) les deux blastomères MG, par division inégale, donnant : M, initiale du cœlomésoderme, et G, initiale sexuelle.

Si l'on emploie les désignations habituellement usitées dans les lignages, on peut exprimer de la manière suivante, à partir de l'œuf, la série des blastomères qui se trouvent sur la lignée germinale de *Salmacina* :




A partir de la ségrégation des initiales sexuelles, on peut suivre la continuité de la descendance des cellules germinales, comme je l'ai montré dans mes Notes de 1924 et 1925, jusqu'à leur migration dans les gonades.

Si l'on compare les deux lignées germinales du Mollusque *Sphærium*, chez lequel Woods a montré que la lignée passe, comme chez l'Annélide *Salmacina*, par le blastomère $4d$, on constate que, chez le premier, les initiales sexuelles se séparent à la quatrième génération des blastomères issus de $4d$, tandis que, chez *Salmacina*, ces initiales se séparent à la deuxième génération correspondante et, par conséquent, à la huitième génération à partir de l'œuf. Il est remarquable qu'un phénomène embryologique de cette importance présente, sauf une légère différence, une telle communauté d'origine dans ces deux embranchements zoologiques.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'action de la lumière sur le pourpre rétinien.* Note (¹) de Mlle **M. L. Verrier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Suivant une théorie classique, le pourpre rétinien est une substance photosensible, détruite par la lumière et se régénérant à l'obscurité. C'est ainsi que le pourpre de la Brême, d'après Deyl (²), se décolore en 20 minutes et se recolore en 1 heure et demie, que le pourpre de la Chouette, d'après

(¹) Séance du 7 mai 1934.

(²) *Bull. Internat. de l'Ac. des Sc. de Prague*, 1, II, 1895, p. 120.

Garten ([1]), se décolore en 45 minutes et réapparaît au bout d'une heure. Les auteurs s'accordent très généralement pour attribuer au pourpre un rôle prépondérant dans le mécanisme de la sensibilité lumineuse ([2]).

En recherchant la part qui revient aux bâtonnets et à l'épithélium pigmentaire dans la genèse du pourpre ([3]), j'ai été amené à aborder cette question. Mon examem a porté sur des rétines de types très différents quant à leur richesse en pigments mélaniques et à la nature de leurs cellules visuelles, cônes ou bâtonnets. Il s'agissait de rétines d'Élédone (*Eledone moschata* Leach), de Roussette (*Scyllium canicula* L.), de Rascasse (*Scorpæna Scrofa* L.), de Girelle (*Julis giofredi* Risso), de Grenouille (*Rana temporaria* L.), de Souris albinos. J'ai examiné le pourpre tant sur des étalements de rétine fraîche que dans des solutions dans la bile de Bœuf à 4 pour 100. Dans les deux cas les résultats sont superposables. Pour effectuer les solutions, des fragments de rétine de dimensions sensiblement égales sont immergés dans le même volume de solvant, de manière à obtenir des produits comparables.

La solution de pourpre de *Scyllium* se décolore au bout de 1 heure et demie d'exposition à une lumière de 65 lux. La solution de pourpre de Rascasse se décolore après 3 heures environ d'exposition à la même lumière. Le pourpre de Grenouille se comporte sensiblement de semblable manière. Celui d'Élédone et de Girelle résiste à un éclairage intense d'un millier de lux, pendant 24 heures.

Ces constatations conduisent à se demander si le pourpre n'existe pas dans des rétines exposées à la lumière. Une nouvelle série d'observations a donné les résultats suivants : une solution de pourpre de Girelles exposée à un éclairage de 1000 lux environ pendant 6 heures (solution de concentration sensiblement égale à celle des solutions de rétines d'animaux mis à l'obscurité pendant le même nombre d'heures) a pris une teinte identique et, au spectroscope, a donné dans le bleu et le violet la même bande d'absorption que la solution de pourpre d'animaux obscurés. L'étude du pourpre d'Élédones éclairées ou obscurées pendant un nombre d'heures variant de 1 à 6 a donné les mêmes résultats. Le pourpre de la Rascasse et de la Grenouille ne disparaît que sous l'action d'un éclairement intense : une heure de pleine lumière solaire par exemple. Sous un éclairement de

---

([1]) *Graefe Saemisch's Handbuch*, **12**, 1907, p. 161.

([2]) La bibliographie complète de la question sera donnée ailleurs.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 1590.

50 lux, le pourpre persiste au niveau de la rétine et donne encore une solution faiblement colorée. La rétine de *Scyllium* est plus sensible encore à l'action de la lumière (1). J'ai établi précédemment que le pourpre des différents animaux examinés est de composition très voisine; les spectres d'absorption sont comparables. Il ne s'agit, entre les divers cas, que de différences de concentration.

Ainsi, l'action décolorante de la lumière n'est appréciable que si l'on opère sur des rétines pauvres en pourpre ou sur des solutions très étendues (Scyllium et Rascasse); cette action est pratiquement nulle sur des rétines à pourpre très abondant, donnant des solutions très concentrées (Girelle et Élédone). Dans ces derniers cas, le pourpre paraît exister d'nne manière constante dans la rétine. Il devient alors difficile de comprendre comment la destruction et la régénération alternatives de cette substance sensibiliseraient les bâtonnets et en feraient les organes de la vision crépusculaire, comme on l'admet communément. Et même, chez les animaux assez pauvres en pourpre pour que l'influence de la lumière soit appréciable, la lenteur de la régénération et de la destruction du pourpre rendent ce mécanisme sans effet utile dans la perceptions des excitations lumineuses.

De plus, il est remarquable que les rétines à pourpre persistant sont les plus riches en mélanines. Cette concordance, sur laquelle je reviendrai ultérieurement, peut donner des indications sur la genèse de pourpre.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence du milieu de culture sur les propriétés biologiques d'une bactérie cellulolytique de la panse du bœuf.* Note de M. **Jacques Pochon**, présentée par M. M. Caullery.

Nous avons, en janvier 1933, isolé du contenu de la panse de bœuf une bactérie attaquant la cellulose en culture pure, *Plectridium cellulolyticum* (2). Cette bactérie, hôte du tractus digestif, n'a pu être isolée et cultivée initialement que dans un milieu analogue à son milieu naturel, en l'espèce du contenu de panse filtré et dilué (3). Pendant les premiers mois de son isolement, elle n'a pu manifester son pouvoir cellulolytique que dans ce seul

(1) Des tableaux de chiffres seront donnés dans un prochain Mémoire.

(2) *Soc. de Biologie*, 113, 1933, p. 1323.

(3) *Soc. de Biologie*, 116, 1934 (séance du 12 mai 1934).

milieu à l'exclusion de tout autre. De plus il lui fallait des conditions bien définies au point de vue physicochimique : un pH alcalin, analogue à celui de la panse, aux environs de 8, maintenu constant par du carbonate de chaux (écume de sucrerie); un rH, mesuré colorimétriquement, aux environs de 4,5 (pour pH 8).

La culture a été conservée à l'état pur depuis cette date (15 mois). Les repiquages ont été faits régulièrement tous les dix jours environ.

Nous avons assisté, pendant cette période, à une évolution très nette des besoins biologiques de cette bactérie. La cellulolyse a pu, peu à peu, être réalisée dans des conditions bien différentes de celles du milieu primitif.

Les conditions de rH se sont modifiées les premières. La celulolyse se fait actuellement, quoique avec un rendement bien inférieur, en aérobiose et même en milieu largement aéré (matras de Ferbach).

Le pH est devenu également moins strict et, en milieu sans carbonate de chaux, il y a cellulolyse, à rendement d'ailleurs très faible, alors que le pH baisse rapidement à 5 et même 4 dans le milieu.

Enfin les facteurs biochimiques nécessaires à la cellulolyse se sont modifiés.

Dans un premier temps, nous avons essayé la culture dans un milieu semi-synthétique se rapprochant le plus possible du milieu naturel primitivement employé, mais probablement bien différent dans le détail du degré de dégradation des éléments organiques et ne contenant pas de sels d'acides gras volatils. Ce milieu semi-synthétique contient des éléments minéraux (K, Mg, P, etc.), de l'azote à la fois sous forme aminée et sous forme ammoniacale (sels organiques d'ammoniaque), du carbone sous forme de protides et de cellulose. La culture y a été possible, alors que l'ensemencement direct du milieu avec le contenu de panse ne permet pas d'obtenir la cellulolyse.

Après plusieurs repiquages, en série continue, dans ce milieu, nous avons cherché, tout en conservant la cellulolyse, à faire varier les facteurs azotés nécessaires, C'est ainsi que la culture a été possible en milieu contenant seulement de l'azote aminé, ou seulement de l'azote ammoniacal; dans ce dernier cas, et dans les conditions actuelles, seul l'azote ammoniacal fourni sous forme de sels organiques est utilisable. Dans les deux cas, le rendement de cellulolyse tombe à un taux très bas. Toutes ces cultures ont été obtenues en anaérobiose et en aérobiose. Le milieu, par contre, doit contenir obligatoirement du carbonate de chaux et garder un pH de 8 quand il ne contient pas à la fois de l'azote aminé et ammoniacal.

En résumé, après quinze mois de culture en série continue, les besoins biologiques de *Pl. cellulolyticum* se sont considérablement modifiés. Après avoir nécessité pour son isolement un milieu identique à celui de son habitat naturel, cette bactérie a pu progressivement être cultivée dans un milieu moins nettement spécifique (à tous les stades du changement de métabolisme, la bactérie peut d'ailleurs être remise dans le milieu initial). Gardant au point de vue morphologique tous ses caractères, elle a perdu au point de vue biochimique ceux qui en faisaient spécifiquement une bactérie du tractus digestif, pour ne plus avoir que ceux des bactéries cellulolytiques du sol en général. (Il ne s'agit pas ici du métabolisme de la fermentation, mais des conditions de culture.)

Tout se passe comme si certaines bactéries cellulolytiques de la flore du sol acquéraient, dans le tube digestif des Ruminants, des particularités biologiques spéciales et qu'elles les perdent ensuite progressivement, quand elles sont remises dans les milieux de culture banaux des bactéries cellulolytiques du sol.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Mesure de l'indice lucimétrique d'un lieu par un hélio-chromomètre.* Note [1] de M. **Bordier**, transmise par M. d'Arsonval.

Pour apprécier et mesurer la quantité de lumière qui est reçue en un point donné, qu'il s'agisse de la lumière solaire directe ou de la lumière diffuse, j'ai eu recours à une méthode qui utilise le virage que font subir les rayons lumineux à une solution d'iodoforme dans le chloroforme, prise sous une concentration assez faible pour qu'elle soit incolore.

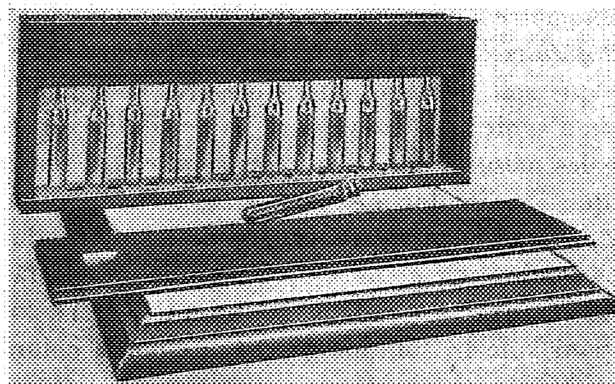
Sous l'action de la lumière, de l'iode est mis en liberté et colore le liquide en rose violacé. J'ai donné le nom d'*hélio-chromomètre* à un dispositif constitué par une série de solutions titrées d'iode dans le chloroforme qui sont contenues dans des tubes scellés au nombre de 12. Le premier renferme la solution au titre de $1^{cg}$ pour 100; le deuxième au titre de 2 pour 100, etc.

Pour faire une détermination, la solution-réactif d'iodoforme est versée

---

(1) Séance du 26 mars 1934.

dans un tube de quartz, fermé par un bouchon de verre, et ayant le même diamètre intérieur que les tubes scellés. Quand le liquide-réactif a été exposé à la lumière dans le tube de quartz, il prend une coloration d'autant plus foncée que la durée d'exposition a été plus longue : on compare alors cette coloration à celle des solutions titrées d'iode. Celles-ci ayant été établies par la balance, on peut définir une *unité héliométrique* : c'est la quantité de lumière qui, agissant sur une solution chloroformique d'iodoforme à



Hélio-chromomètre de H. Bordier.

1 pour 500, est capable de libérer un poids d'iode communiquant au liquide la même coloration que $1^{cg}$ d'iode dissous dans $100^{cm^3}$ de chloroforme. Le choix de cette unité permet d'évaluer par un nombre l'indice lucimétrique d'un lieu, d'une station climatique, par exemple.

*L'indice lucimétrique* a pour valeur le quotient du poids d'iode libéré, par le nombre de minutes pendant lesquelles la lumière a agi. Si le tube de quartz a pris, après 2 minutes, la même coloration que celle du tube étalon n° 4, l'indice lucimétrique est égal à $4/2 = 2$ unités hélio.

Il y a lieu de prendre certaines précautions, justifiées par l'extrême sensibilité de ce réactif et surtout par le fait que j'ai observé : lorsque la solution d'iodoforme a commencé à virer, même très légèrement, *le virage continue à se faire dans l'obscurité*, où la coloration va en augmentant progressivement, probablement par suite d'un phénomène de catalyse. Si donc le réactif était exposé à la lumière, même pendant un temps très court, cette solution deviendrait rose et serait par conséquent inutilisable.

J'ai cherché d'abord à connaître comment se fait la mise en liberté d'iode, la solution d'iodoforme étant exposée à la lumière *pendant des temps*

*croissants*. Voici les nombres trouvés dans une expérience où le tube de quartz de l'hélio-chromomètre recevait les *rayons solaires directs :*

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temps d'exposition (en minutes)... | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Coloration (teinte étalon).......... | 4 | 6 | 7-8 | 8-9 | 9 | 9-10 | 9-10 | 10 | 10 | 10 |

La courbe construite avec ces nombres tend à devenir tangente à la ligne correspondant à l'ordonnée 10. Dans toutes les expériences, la courbe a cette même allure.

L'hélio-chromomètre a permis d'étudier les variations de l'indice lucimétrique avec *l'état du ciel*. Suivant que le ciel est nuageux ou qu'il est sans nuages, quelle que soit la saison où les mesures sont faites, l'indice lucimétrique est loin d'avoir la même valeur. La sensibilité du réactif employé permet de faire des mesures par temps très sombre ou pluvieux. Ainsi en janvier, alors que l'indice lucimétrique a été trouvé égal à l'unité hélio entre 11$^h$ et 12$^h$, par un beau soleil, cet indice est descendu à 0,05 unité hélio par temps sombre. Ce nombre 0,05 signifie qu'il a fallu exposer ce jour-là le tube de quartz pendant 20 minutes à la lumière diffuse (1/20 = 0,05) pour que la solution-réactif prenne la coloration du tube étalon n° 1.

En été et à son voisinage l'indice lucimétrique est plus élevé qu'en hiver (ce qui n'a rien d'étonnant) : ainsi le 19 juin, par une journée ensoleillée, l'indice était de 4 unités hélio à 12$^h$; le 25 juin, par temps couvert, cet indice n'était que de 1,5 unité hélio.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'influence de l'oxygène sur l'action antitoxique de la cholestérine sur les saponines*. Note (¹) de M. **B.-S. Levin**, présentée par M. Achard.

Ransom, qui le premier avait démontré que la cholestérine peut atténuer ou même inhiber l'action lytique de la saponine, attribuait à la cholestérine des propriétés antilytiques fixes. Depuis, de nombreux auteurs, partant de l'hypothèse qu'une quantité donnée de cholestérine pourrait toujours inhiber une même quantité d'une saponine donnée, avaient essayé d'établir des réactions biologiques basées sur le pouvoir antilytique d'un sérum à examiner.

(¹) Séance du 7 mai 1934.

Dans nos recherches sur le pouvoir antilytique des lécithines nous avons remarqué [1] que la toxicité d'une sapolécithine dépendait de la richesse du milieu en oxygène. Nous avons voulu nous rendre compte si l'oxygène jouait le même rôle en ce qui concerne l'action lytique des sapocholestérines.

Nous avons choisi comme animaux d'expérience les paramécies pour les raisons suivantes : il fallait créer des conditions d'aération variables entre de larges limites. Il suffit pour cela de mettre une culture très riche de paramécies dans un tube à essais de faible diamètre, pour que les animaux consomment en peu de temps une quantité importante d'oxygène; d'autre part, en plaçant les paramécies sur des lames creusées, l'oxygène du milieu est sans cesse renouvelé; l'action antilytique de la cholestérine dépend beaucoup du pH du milieu, et les paramécies possèdent un assez grand pouvoir d'autorégulation du pH. Enfin on peut suivre les résultats des expériences pendant plusieurs semaines.

Nous nous sommes servi dans nos expériences de cultures pures de *Paramæcium aurelia*, faites à partir d'un seul individu. En ajoutant par exemple une dose de saponine au 1/4000$^{e}$ aux paramécies conservées sur lame creusée, on constatait aussitôt une rupture de la pellicule et les animaux mouraient en quelques instants, entièrement lysés. Le comportement des paramécies dans un mélange de saponine-cholestérine était bien différent : pendant plusieurs heures les animaux ne pouvaient pas être distingués des animaux normaux, ils mouraient beaucoup plus tardivement que les témoins et étaient difficilement lysés. En plaçant les mêmes animaux dans des tubes de faible diamètre, leur survie était illimitée.

L'émulsion de cholestérine à 1 pour 1000 employée dans ces expériences a été simplement préparée au moyen d'un agitateur mécaniqne à billes de verre en présence d'une très petite quantité d'huile d'olive et de glycérine et le liquide a été maintenu à 60° pendant la préparation. La quantité des émulsifiants employés n'avait pas d'influence sur la durée de survie. L'émulsion résultante était stérilisée à 115° pendant 15 minutes.

*Expériences :* 54 tubes à essais de 10$^{cm^3}$ recevaient par groupes de six 7$^{cm^3}$ d'une émulsion de cholestérine de concentrations croissantes de 1/1000$^{e}$-1/32000$^{e}$. 54 tubes témoins recevaient 7$^{cm^3}$ d'eau de source. Tous les tubes étaient additionnés de 1$^{cm^3}$ d'une solution de saponine, afin d'obtenir des concentrations de saponine comprises entre 1/1000$^{e}$ et 1/32000$^{e}$. On laissait

---

(1) B.-S. LEVIN et I. MAGAT, *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 1491.

reposer le tout pendant une heure, puis on y ajoutait 2$^{cm^3}$ d'une riche culture de paramécies. L'expérience était suivie pendant 3 semaines (voir le tableau).

| Nos des tubes. | Contenu. | | Durée de survie. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Animaux d'épreuves : | |
| | Cholestérine. | Saponine. | Témoins. | sur lame. | en tube. |
| 1- 6...... | néant | 1/1 000 | 10 sec. | – | – |
| 7- 12...... | 1/1 000-1/32 000 | 1/1 000 | – | 10 sec. | 10 sec. |
| 13- 18...... | néant | 1/2 000 | 10 sec. | – | – |
| 19...... | 1/1 000 | » | – | 13 min. | 18 h. |
| 20...... | 1/2 000 | » | – | 1 min. | 2 h. |
| 21- 24...... | 1/4 000-1/32 000 | » | – | 10 sec. | 10 sec. |
| 25- 30...... | néant | 1/4 000 | 10 sec. | – | – |
| 31...... | 1/1 000 | » | – | 40 min. | survie illimitée |
| 32...... | 1/2 000 | » | – | 20 min. | 3 jours |
| 33...... | 1/4 000 | » | – | 5 min. | 7 min. |
| 34- 36...... | 1/8 000-1/32 000 | » | – | 10 sec. | 10 sec. |
| 37- 42...... | néant | 1/6 000 | 1 min. | – | – |
| 43...... | 1/1 000 | » | – | 6 h. | survie illimitée |
| 44...... | 1/2 000 | » | – | 2 h. | id. |
| 45...... | 1/4 000 | » | – | 50 min. | id. |
| 46...... | 1/8 000 | » | – | 14 min. | 2 jours |
| 47...... | 1/16 000 | » | – | 5 min. | 4 h. |
| 48...... | 1/32 000 | » | – | 2 min. | 10 min. |
| 49- 54...... | néant | 1/8 000 | 90 sec. | – | – |
| 55- 56...... | 1/1 000-1/2 000 | » | – | survie illimitée | survie illimitée |
| 57...... | 1/4 000 | » | – | 12 h. | id. |
| 58...... | 1/8 000 | » | – | 2 h. | id. |
| 59...... | 1/16 000 | » | – | 11 min. | 2 jours |
| 60...... | 1/32 000 | » | – | 4 min. | 5 h. |
| 61- 66...... | néant | 1/12 000 | 4 min. | – | – |
| 67- 69...... | 1/1 000-1/4 000 | » | – | survie illimitée | survie illimitée |
| 70...... | 1/8 000 | » | – | 16 h. | id. |
| 71...... | 1/16 000 | » | – | 3 h. | id. |
| 72...... | 1/32 000 | » | – | 1 h. | 36 h. |
| 73- 78...... | néant | 1/16 000 | 17 min. sur lame | – | – |
| 79- 82...... | 1/1 000-1/8 000 | » | ou | survie illimitée | survie illimitée |
| 83...... | 1/16 000 | » | 23 min. en tube | 15 h. | id. |
| 84...... | 1/32 000 | » | – | 3 h. | id. |
| 85- 90...... | néant | 1/24 000 | 3 h. sur lame | – | – |
| 91- 95...... | 1/1 000-1/16 000 | » | ou | survie illimitée | survie illimitée |
| 96...... | 1/32 000 | » | 5 h. en tube | 2 jours | id. |
| 97-102...... | néant | 1/32 000 | survie illimitée | – | – |
| 103-108...... | 1/1 000-1/32 000 | » | – | survie illimitée | survie illimitée |
| 109-115...... | 1/1 000-1/32 000 | néant | survie illimitée | id. | id. |

En résumé, nous pouvons dire que la cholestérine inhibe de beaucoup l'action lytique de la saponine même dans le cas d'une aération abondante. Mais avec certaines concentrations de cholestérine-saponine l'aération exerce sur la durée de survie une influence plus grande que la cholestérinisation de la saponine. Ces faits nous permettront peut-être de formuler une hypothèse sur l'action antilytique de la cholestérine. Nous voyons (tubes n° 73-78 et n° 85-90) qu'une saponine réduite est moins toxique; la réaction de défense des paramècies vis-à-vis de la saponine consiste donc dans la réduction de celle-ci en une forme moins toxique. Il va de soi qu'une aération restreinte est plus favorable pour la réduction de la saponine.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Formation d'ammoniaque aux dépens des acides aminés dans le rein du chien* in vivo. Note de MM. **Michel Polonovski**, **Paul Boulanger** et **Gaston Bizard**, présentée par M. A. Desgrez.

L'origine de l'ammoniaque urinaire est encore très controversée et l'on a, tour à tour, proposé comme précurseurs probables de l'ammoniaque formée dans le rein un très grand nombre de substances azotées. On avait, entre autres, émis l'hypothèse d'une désamination des acides aminés sanguins (Bornstein, Milheiro, etc.). Krebs a montré dernièrement, par la méthode des coupes, que, *in vitro*, le tissu rénal du rat et d'autres mammifères exerçait sur les acides aminés une action désaminante supérieure même à celle du tissu hépatique. Il ne manquait plus qu'une confirmation expérimentale *in vivo*, dans des conditions physiologiques.

En injectant au chien, dans la circulation générale, une solution d'acide aminé (glycine, *d.l*-alanine) et en dosant simultanément, 2 minutes après l'injection, l'ammoniémie dans l'artère et dans la veine rénales, nous avons pu constater une augmentation considérable du taux de l'ammoniaque dans cette dernière. Cette *ammoniophanérèse* traduit évidemment un processus de désamination, effectué dans le rein aux dépens des acides aminés injectés. Elle est aussi intense que celle que nous avons déjà signalée à la suite d'injections de sels d'ammonium, et que nous avions expliquée par le dédoublement, au niveau du parenchyme rénal, d'un composé intermédiaire ammoniogène formé aux dépens de l'ammoniaque. La similitude des effets obtenus par l'injection des acides aminés nous incite à leur identifier le composé ammoniogène.

| Chien n°. | N/NH³ avant l'injection (en mg par litre) sang artériel rénal. | sang veineux rénal. | Acide aminé par kilogr. d'animal. | N/NH³ 2 min. après l'injection (en mg par litre) sang artériel. | veine rénale. | veine fémorale. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *d.l-alanine.* | | | |
| 171......... | 0,8 | 1,6 | 0,22 | 1,9 | 8,4 | 1,1 |
| 172......... | 1,4 | 1,8 | 0,23 | 1,4 | 3,8 | 0,9 |
| 184......... | 0,5 | 2,4 | 0,37 | 2,7 | 6,2 | 1,5 |
| 185......... | 1,2 | 1,8 | 0,16 | 2,2 | 7,2 | 1,7 |
| | | | *Glycine.* | | | |
| 175......... | 1,7 | 2,0 | 0,10 | 2,3 | 3,2 | 0,8 |
| 176......... | 0,9 | 1,7 | 0,16 | 2,1 | 4,6 | 1,3 |
| 177......... | 1,0 | 2,5 | 0,16 | 2,5 | 4,8 | 1,5 |

La *d.l*-alanine donne des différences plus accusées que la glycine. L'étude comparée de l'action de l'alanine racémique et de la *d*-alanine (alanine naturelle) nous a permis de confirmer *in vivo* le travail de Krebs sur la différence de vitesse de désamination par le parenchyme rénal des isomères optiques.

| Chien n°. | N/NH³ avant l'injection (en mg par litre) sang artériel rénal. | sang veineux rénal. | Acide aminé par kilogr. d'animal. | N/NH³ 2 min. après l'injection (en mg par litre) sang artériel. | veine rénale. | veine fémorale. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | *d-alanine.* | | | |
| 181......... | 0,8 | 1,6 | 0,17 | 1,5 | 2,3 | |
| 183......... | 1,2 | 2,4 | 0,33 | 2,8 | 4,0 | 1,0 |
| 186......... | – | – | 0,20 | 2,3 | 3,1 | – |
| | | | *d-l-analine.* | | | |
| 186......... | – | – | 0,20 | 3,1 | 9,1 | 0,8 |

La dernière expérience (chien 186) est tout à fait démonstrative à cet égard. Effectuée sur le même animal, à 2 heures d'intervalle, l'injection d'alanine racémique donne lieu à une différence considérable entre l'ammoniémie de l'artère et de la veine rénale, tandis que l'injection d'alanine droite n'influe que modérément sur l'ammoniophanérèse. Il y a donc certainement là un mécanisme de défense de l'organisme vis-à-vis des antipodes optiques des acides aminés naturels.

Nous avons vérifié que l'introduction d'urée dans la circulation générale ne modifiait pas les chiffres normaux de l'ammoniémie artérielle ou veineuse, et que les résultats précédents ne pouvaient donc être attribués à la légère élévation du taux d'urée sanguine généralement observée.

En résumé, nos expériences prouvent que les acides animés naturels, et surtout leurs inverses optiques, constituent l'une des substances ammoniogènes, et sont à l'origine d'une fraction importante de l'ammoniaque urinaire.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h$.

A. Lx.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1934 (*suite et fin*).

*Traité de Chimie minérale :*

— *Métaux alcalins et métaux alcalino-terreux. Industries des sels alcalins*, par P. Baud, L. Chassevent, A. Chrétien, L. Hackspill, A. Maillard, H. Pinck, P. Rollet. Tome VI, fasc. 1.

— *Lithium, élaboration des métaux alcalins, calcium, strontium, baryum.* Tome VI, fasc. 2.

— *Radioéléments. Gaz rares. Étude générale des alliages, Addenda*, par J. Amiel, G. Chaudron, P. Chevenard, M. Curie, E.-L. Dupuy, J. Escher-Desrivières, H. Forestier, A. Lepape, M. Oswald, P. Pascal, A. Portevin, A. Roux, A. Sanfourche. Tome XII. Paris, Masson et Cie, 1934; 3 vol.

*Cent cinquantenaire de la fondation de l'École nationale supérieure des mines de Paris*, 1933; 1 fasc. 24cm.

*Rocce, Fossili, Piante, Osservazioni antropometriche*, par P. Comucci, G. Merla, G. F. Parona, R. Pampanini, G. Negri, R. Biasutti. Spedizione Italiana de Filippi nell'Himàlaia, Caracorúm e Turchestán Cinese (1913-1914). Serie II. Sotto La Direzione di Giotto Dainelli. Vol. XI. Bologna, Nicola Zanichelli, 1933; 1 vol. 31cm,5.

*La locomotion chez les animaux.* Vol. I : *Le vol des insectes*, par A. Magnan. Paris, Hermann et Cie, 1934; 1 vol. 33cm.

*Précis de toxicologie*, par E. Kohn-Abrest. Paris, G. Doin et Cie, 1934; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

Travaux de l'Institut océanographique de l'Indochine. IVe Mémoire. Iconographie ichtyologique de l'Indochine. *Poissons des campagnes du « de Lanessan »* (1925-1929). Ire Partie, par P. Chevey. Saïgon, Gouvernement général de l'Indochine, 1932; 1 vol. 32cm.

*Catalogue des plantes du Maroc (Spermatophytes et Ptéridophytes)*, par René Maire et Émile Jahandiez.

— Tome Ier : *Ptéridophytes, Gymnospermes et Monocotylédones;*

— Tome II : *Dicotylédones Archichlamydées;*

— Tome III : *Dicotylédones Gamopétalées et supplément aux volumes I et II.* Alger, Imprimerie Minerva, 1934; 3 vol. 25cm,5.

*Mission du Hoggar.* II. *Études sur la flore et la végétation du Sahara central*, par R. Maire. Alger, imprimerie « La Typo-Litho », 1933; 1 vol. 24cm.

*Cours de botanique. Anatomie, physiologie, classification, applications agri-*

*coles, industrielles, médicales*, par GASTON BONNIER et LECLER DU SABLON (huitième fascicule et dernier du tome second) avec la collaboration de M. RAOUL CERIGHELLI. Paris, Librairie générale de l'Enseignement, s. d.; 1 fasc. 23$^{cm}$. (Présenté par M. M. Molliard.)

*La vie et l'œuvre de Joseph Boussinesq*, par ÉMILE PICARD. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 fasc. 24$^{cm}$.

*La connaissance mathématique; technique, humanisme, métaphysique*, par JULIEN PACOTTE. Paris, Librairie Félix Alcan, 1934; 1 vol. 19$^{cm}$. (Présenté par M. Émile Borel.)

*Une édition nouvelle du discours de la méthode de Descartes*, par ÉMILE PICARD. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 fasc. 24$^{cm}$.

*Études sur la greffe*. Tome IV (supplément). *Le topinambour, son amélioration systématique par le « greffage créateur »*, par LUCIEN DANIEL. Rennes, imprimerie Oberthur, 1934; 1 fasc. 25$^{cm}$.

*Méthode géométrique d'intégration et appareil pour mesurer les aires de surfaces courbes. — Nouvelles solutions de calcul grapho-mécanique. Dérivographe et Planimètre*, par F.-E. MYARD. Paris, publications du journal *Le Génie civil*, 1933-1934; 2 fasc. 23$^{cm}$,5. (Présentés par M. M. d'Ocagne.)

*Mystères agricoles des Andes. Orges du Pérou, maïs de Jala*, par J. COSTANTIN. In *La Nature*, du 1$^{er}$ mars 1934, 1 fasc. 29$^{cm}$.

*Travaux de l'Association internationale de géodésie*. Tome 11, publié par le général GEORGES PERRIER. Rapports nationaux sur les travaux exécutés dans les différents pays établis à l'occasion de la V$^{e}$ Assemblée générale; Lisbonne, 14-25 septembre 1933. Fasc. I. Paris, Secrétariat de l'Association, 1933; 1 vol. 28$^{cm}$.

*Description géométrique détaillée des Alpes françaises*, par PAUL HELBRONNER. Annexe du Tome X. *Les origines iconographiques de l'œuvre géodésique* (suite). *Tour d'horizon complet du sommet du Pelvoux. Pointe Durand*, 3930$^{m}$,7. Dessiné et peint par l'auteur, 1902. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. 65$^{cm}$,5 $\times$ 55$^{cm}$,5.

# *ERRATA.*

---

## (Séance du 23 avril 1934.)

Note de MM. *H. S. Reed* et *J. Dufrenoy*, Détection histochimique du fer et du zinc dans les feuilles de *Citrus* :

Page 1535, dernière ligne, *au lieu de* mécanisme, *lire* nanisme.

Page 1536, ligne 27, *au lieu de* plastres, *lire* plastes.

Page 1537, rétablir ainsi la légende des figures :

Photomicrographies : A, de cendres de feuille de *Citrus* témoin, traitées par le nitroprussiate de soude; B, de cristaux de nitroprussiate de zinc produits par la réaction de nitroprussiate de soude sur une solution de sulfate de zinc; C, de cendres de feuille d'un *Citrus* traité par le sulfate de zinc : le traitement des cendres par le nitroprussiate de soude détermine la formation de cristaux de nitroprussiate de zinc.

## (Séance du 30 avril 1934.)

Note de M. *Georges Kurepa*, Tableaux ramifiés d'ensembles. Espaces pseudo-distanciés :

Page 1563, ligne 14, au lieu des symboles $G_{a_0 a_1 \ldots a_\alpha}$. $G_{a_0 \ldots a_\xi} =$, il faut lire resp. $G_{a_0 \ldots a_{\alpha-1}} \ni a_{\alpha-1}$, $G_{a_0 \ldots a_\xi \ldots} =$; ligne 19, après $\neq 0$, il faut ajouter « $G_A \supset G_B$ »; ligne 21, après $\equiv 0$, il faut ajouter « *ou bien* AB est un *vrai* sous-ensemble de A et de B, et alors $G_A G_B = 0$ (1) ».

Page 1564, en note, la phrase commençant par « Une suite bien ordonnée » est à remplacer par la suivante : « Une suite d'intervalles non vides $v_\varphi = (a_\varphi b_\varphi)$ de E qui sont tels que $a_\varphi < b_{\varphi'}$ pour tout $\varphi$, $\varphi'$ est dite *fondamentale* si $\Pi v_\varphi \equiv \Pi V_\varphi$ se compose d'un point de E au plus, $V_\varphi$ désignant la fermeture rel. E de $v_\varphi$; deux telles suites, $\{(a_\varphi^1 b_\varphi^1)\}$, $\{(a_\psi^2 b_\psi^2)\}$ sont dites *équivalentes* si à tout $(a_\varphi^1 b_{\varphi'}^1)$ correspond un $(a_\psi^2 b_{\psi'}^2) \subset (a_\varphi^1 b_{\varphi'}^1)$, et vice versa ».

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU MERCREDI 23 MAI 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 19 mai 1934, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Gustave Moussu** pour occuper dans la Section d'Économie rurale la place vacante par le décès de M. *E. Roux*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Gustave Moussu** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Robert Chodat**, professeur de l'Université de Genève, Correspondant pour la Section de Botanique, survenu le 28 avril 1934 à Pinchat, près de Genève.

*Notice nécrologique sur* M. Robert Chodat, par M. **P.-A. Dangeard**.

L'Académie des Sciences vient d'apprendre la mort de M. R. Chodat, de l'Université de Genève, survenue le 28 avril dernier, après une courte maladie; il était notre Correspondant dans la Section de Botanique depuis le 2 février 1920. La Science perd un de ses représentants les plus éminents; il disparaît alors que nous étions encore en droit d'attendre de lui d'importantes découvertes dans le domaine des Algues, sur lequel il avait concentré particulièrement son attention au cours de ces dernières années.

Dans la patrie des de Candolle, dans cette ville de Genève où se trouvent réunies d'immenses collections, des herbiers réputés parmi les plus précieux et les plus riches du monde, il est naturel que Chodat se soit adonné tout d'abord à la Systématique; son œuvre dans cette direction est considérable.

De 1891 à 1893, il a publié une monographie des Polygalacées en deux parties in-4°, accompagnée de 35 planches, monographie suivie en 1896 d'un complément où sont décrites bon nombre d'espèces nouvelles ou peu connues.

Parmi les autres travaux de Systématique, il en est un qui mérite une mention spéciale, à cause de l'intérêt qu'il présente pour la connaissance de la Flore du Paraguay : il a paru sous le titre de *Plantae Hasslerianeae*.

On a parfois médit des botanistes classificateurs qui, penchés sur leurs cartons d'herbier, semblent négliger la nature pour s'absorber dans l'étude de fragments de plantes desséchées et sans couleur.

Il faut lire le volume que Chodat a consacré à un voyage d'études géobotaniques au Portugal pour comprendre combien une telle appréciation peut renfermer d'injustice; rien de plus vivant, de plus instructif que ce récit d'excursions qui avaient pour but de comparer les diverses formations végétales du Portugal à celles du reste de la péninsule ibérique.

Des recherches du même genre, aussi fécondes dans leurs résultats, vont se poursuivre chaque année dans des excursions où le savant professeur entraîne avec lui de nombreux élèves.

Le moment venu, Chodat va créer un jardin alpin, doublé d'une station de recherches à grande altitude, la *Linnea*, justement célèbre : il en assumera la direction.

On a peine à croire que ce soit le même botaniste qui va successivement publier : *Algues vertes de la Suisse* (1902), *Études critiques et expérimentales sur le polymorphisme des Algues* (1909), *Monographie d'algues en cultures pures* (1913), etc.

Jordan, par de patientes et géniales expériences mal comprises des botanistes de son époque, a fourni la preuve que l'espèce linnéenne, telle qu'elle était comprise généralement, est constituée par un nombre plus ou moins grand de formes qui se multiplient indéfiniment en conservant leurs caractères : ces formes ignorées jusque-là ou négligées sont donc de véritables espèces élémentaires.

Chodat a fait un semblable travail pour certaines algues unicellulaires, où il arrive chez les *Chlorella* et les *Seenedermus*, par exemple, à isoler en cultures pures de nombreuses espèces élémentaires dont les caractères qui

sont parfois simplement d'ordre physiologique se transmettent fidèlement d'une génération à la suivante. La collection de ces formes spécifiques nouvelles, formée par ses soins à l'Institut botanique de Genève est d'un intérêt capital : elle a permis de résoudre d'importants problèmes tel celui du polymorphisme des algues et d'aborder une question toute d'actualité, celle des mutations encore si discutée dans ce groupe.

L'activité de Chodat, qui a déterminé une véritable transformation dans cette partie de la Science, ne s'est pas bornée là.

On connaît ses remarquables recherches sur différents ferments végétaux qui ont servi à mieux comprendre le mécanisme de la vie cellulaire, ses considérations datant de 1908 sur les Ptéridotsides des temps paléozoïques et surtout son gros Traité de Botanique paru sous le titre modeste de *Principes de Botanique*.

En consultant ce livre devenu classique, on voit la part considérable prise par le professeur Chodat dans le mouvement scientifique contemporain; sa forte personnalité de savant y appparaît à chaque chapitre du volume.

Bien souvent, qu'il s'agisse de biologie, de systématique, de physiologie ou d'hérédité, les conclusions qui se dégagent et s'imposent sont le résultat des recherches personnelles du grand savant dont nous déplorons aujourd'hui la perte.

A sa famille, à ses disciples, à ses compatriotes, l'Académie des Sciences transmet ses vives et profondes condoléances.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau un volume que M. Aug. Chevalier vient de publier sous le titre Michel Adanson, *Voyageur, Naturaliste et Philosophe*. 1727-1806.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'action combinée du zinc et des vitamines dans l'alimentation des animaux*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **R. C. Bhattacherjee**.

L'un de nous a fait connaître, en 1922, les recherches qu'il avait entreprises avec M. B. Benzon [1] dans le but de savoir si d'aussi petites pro-

(1) Gab. Bertrand et B. Benzon, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 289, et (Mémoire) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 6, 1924, p. 203-215, ou *Ann. Inst. Past.*, 38, 1924, p. 405. Voir aussi Gab. Bertrand et H. Nakamura, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 129, et (Mémoire) *Ann. Inst. Past.*, 39, 1925, p. 328.

portions de zinc que celles rencontrées dans l'organisme des animaux jouent un rôle quelconque dans les échanges nutritifs et le développement général de l'individu.

Des souris provenant d'une même portée avaient été partagées en deux lots et nourries, les unes avec des aliments minutieusement débarrassés du zinc qu'ils renferment toujours à l'état naturel, les autres avec les mêmes aliments additionnés d'une proportion de zinc égale à celle qui avait été soustraite (1/50000e, soit $0^g,002$ pour $100^g$).

Le haut degré de purification des substances nutritives qu'il avait été nécessaire d'atteindre avait entraîné la disparition complète des facteurs oligosynergiques de croissance et de santé que l'on désigne communément, depuis C. Funck, sous le nom de vitamines. Et comme à cette époque on ne connaissait pas de vitamines pures, mais seulement des préparations vitaminées renfermant trop de zinc pour être mises à profit sans enlever aux résultats toute leur rigueur, il avait fallu s'en passer. Dans ces conditions, les animaux étaient condamnés à mourir dans un délai assez court. Il a été reconnu, néanmoins, autant de fois que l'expérience a été reproduite, que les souris soumises au régime additionné de zinc survivaient un peu plus longtemps que les souris alimentées sans zinc.

On pouvait espérer, ainsi que cela a été exprimé en publiant ce résultat, que le jour où l'on parviendrait à isoler les vitamines à l'état pur, il serait possible d'obtenir, par leur adjonction au régime synthétique, des différences de survies plus importantes entre les deux lots de souris et, par suite, une démonstration plus frappante de l'importance du zinc dans le phénomène global de la nutrition.

Or des progrès remarquables ont été accomplis, au cours de ces dernières années, dans le domaine des vitamines : les plus importantes de ces substances ont été obtenues à l'état défini ou, tout au moins, sous une forme très concentrée, de haute activité physiologique. On ne risque plus alors d'introduire de zinc avec elles dans les régimes synthétiques.

En outre, il a été découvert que le nickel et le cobalt comptent parmi les éléments de la matière vivante, végétale [1] et animale [2], et qu'ils interviennent dans l'alimentation [3].

---

(1) Gab. Bertrand et M. Mokragnatz, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 458; 190, 1930, p. 21.

(2) Gab. Bertrand et M. Macheboeuf, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1380 et 1993; 182, 1926, p. 1305 et 1504; 183, 1926, p. 5 et 257.

(3) Gab. Bertrand et H. Nakamura, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 321.

Tenant compte de ces progrès, nous avons repris les expériences de 1922 avec l'espoir d'arriver, si possible, à des preuves incontestables de l'importance du zinc dans la nutrition des animaux.

A part les modifications de régime que nous décrirons plus loin, nous avons suivi dans les nouvelles recherches la même technique expérimentale que dans les précédentes. C'est ainsi que les jeunes souris ont été séparées de leur mère le vingt et unième jour après la naissance, au moment où leur teneur en zinc est réduite au minimum; que ces souris ont été élevées isolément dans des conserves en verre, de façon à éviter toute contamination métallique; que les lots ont toujours été constitués à partir d'animaux de la même portée pour qu'ils soient aussi comparables que possible au point de vue physiologique, etc.

Les substances alimentaires, organiques et minérales, ont été purifiées par les mêmes procédés et avec les mêmes soins, à cela près que les traitements de la fécule, de la caséine, de la cellulose, du sucre de lait et du lactate de calcium ont été poussés plus loin encore, de façon à obtenir la plus grande garantie possible quant à l'élimination du zinc. Nous rappelons que, lors des expériences de 1922, 100$^g$ de ces substances purifiées renfermaient déjà moins de 0$^g$,00005 de zinc, quantité correspondant à la limite de sensibilité de la méthode d'analyse utilisée ([1]).

Après leur purification, les substances alimentaires ont été mélangées et transformées en petits pains, sans rien changer, ni dans les proportions, ni dans le mode opératoire, sauf l'adjonction d'une petite quantité de nickel et de cobalt : 0$^g$,00025 de chlorure de nickel et 0$^g$,0001 de sulfate de cobalt pour 100$^g$ ([2]).

Bien entendu, il a été préparé séparément un mélange alimentaire sans zinc pour les souris témoins et un mélange alimentaire additionné de zinc : 0$^g$,010 de sulfate cristallisé équivalant à 0$^g$,002 de métal pour 100$^g$, pour les autres souris. Finalement, les mélanges, de consistance pâteuse, ont été façonnés en petits pains que l'on a cuits au four électrique. Chaque matin, des fragments de ces pains étaient distribués à discrétion aux animaux.

On a procédé autrement pour les vitamines. Celles-ci ont été administrées aux souris sous forme de solutions titrées, versées par microgouttes sur un petit fragment de pain synthétique. Le fragment imprégné de vitamines a

---

([1]) GAB. BERTRAND et M. JAVILLIER, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 924.

([2]) GAB. BERTRAND et H. NAKAMURA, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 321.

été donné avant le renouvellement de la ration journalière; les animaux l'ont mangé presque toujours avec avidité.

Nous avons pris : 1° comme vitamine A, du carotène cristallisé, obtenu à partir de la racine de carotte, dissous dans l'huile d'olive et donné chaque jour à la dose de 0g,00001; comme vitamine D, de l'ergostérol irradié, obligeamment préparé et titré par O. Bailly, aussi en solution dans l'huile d'olive; une microgoutte de cette solution correspondait à la dose journalière de 0g,000001 de substance active; enfin, comme vitamine $B^1$ et $B^2$, un extrait de levure de bière n° 34H, préparé par A. Seidell [1] et que nous avons enrichi d'après le procédé de M. I. Smith [2]. L'activité de l'extrait enrichi était environ 100 fois plus grande en vitamine $B^1$ et de 60 à 70 fois plus grande en vitamine $B^2$ que la levure sèche. Il a été distribué, dissous dans l'eau, à la dose de 0g,001 par jour.

Nous n'avons pas ajouté de vitamine antiscorbutique, la souris passant, avec le rat et le pigeon, pour ne pas avoir besoin de cette substance.

Nous avons expérimenté de deux manières l'action des vitamines. Lorsque les souris sont séparées de leur mère, à l'âge de vingt et un jours, elles renferment dans leurs organes une petite provision de vitamines qui assure leur accroissement à l'aide du pain synthétique pendant une dizaine de jours. Utilisant cette observation et pour rendre plus apparente l'action des vitamines, nous n'avons administré ces substances aux deux lots de souris, dans certaines de nos séries d'expériences, qu'à partir du dixième jour. A ce moment, le poids des animaux cessait d'augmenter ou même commençait à diminuer. Malgré la présence des vitamines, les souris appartenant aux lots sans zinc ont continué à maigrir, leur pelage s'est hérissé, puis elles sont mortes en quelques jours avec des troubles manifestes de l'équilibre, accompagnés de paralysie du train postérieur. Au contraire, les souris appartenant aux lots avec zinc, après avoir présenté parfois et passagèrement des symptômes de même nature, ont maintenu ou même augmenté leurs poids et ce n'est que beaucoup plus tard qu'elles ont peu à peu succombé [3].

---

(1) ATHERTON SEIDELL et VICTOR BIRCKER, *J. of amer chem. Soc.*, 53, 1931, p. 2288.

(2) On trouvera la description de ce procédé, encore inédit, avec d'autres détails, dans un Mémoire qui paraîtra prochainement.

(3) On trouvera dans le Mémoire les graphiques des variations de poids avec d'autres détails expérimentaux.

Nous avons aussi administré les vitamines aux animaux dès le premier jour de l'alimentation artificielle. L'allure des résultats n'a pas été modifiée.

Nos expériences ont été effectuées sur 22 animaux provenant de cinq portées. Douze de ces animaux ont été soumis au régime alimentaire sans zinc et dix au régime alimentaire contenant du zinc.

Les douze souris sans zinc ont vécu de 14 à 23 jours, soit en moyenne 16 jours 9 dixièmes, et les dix souris avec zinc de 57 à 74 jours, soit en moyenne 64 jours 4 dixièmes.

Nous avons dosé le zinc contenu dans les cadavres des animaux morts, après avoir vidé aussi bien que possible leur tube digestif. Les douze souris du lot alimenté sans zinc renfermaient en moyenne $0^{mg},22$ de métal et les dix souris du lot ayant reçu du zinc $0^{mg},434$. Sur $1^{mg}$ au plus de métal présent dans le pain qu'elle avait consommé, chacune des souris du dernier lot en avait ainsi fixé dans ses tissus $0^{mg},207$, en moyenne.

Il a donc suffi que les animaux assimilent environ deux dixièmes de milligramme du zinc contenu dans les aliments pour que leur survie expérimentale passât de deux à trois semaines, quand ils étaient soumis au régime sans zinc, à près de deux mois et même de deux mois et demi, lorsque ce régime était additionné d'une minime quantité de ce métal.

Les résultats que nous publions aujourd'hui ne démontrent pas seulement d'une manière indiscutable l'importance individuelle du zinc dans l'alimentation des animaux, ils mettent en évidence l'action synergique du même métal et des vitamines ou, tout au moins, de l'une des vitamines introduites dans le régime artificiel.

Il est remarquable, en effet, que si le zinc n'est intervenu, en l'absence de vitamines, que d'une manière très limitée dans les phénomènes de nutrition des animaux, les vitamines n'ont manifesté aucune action lorsqu'elles ont été administrées à l'exclusion de toute trace de zinc. Il y a là un fait nouveau d'un grand intérêt au point de vue biologique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide sulfurique à froid ou à température peu élevée sur les éthers aromatiques.* Note [1] de M. **Jean-Baptiste Senderens.**

I. D'après une Communication précédente [2], l'acide sulfurique, à froid et vers 80°, agit différemment sur les acides aromatiques suivant que le

---

[1] Séance du 14 mai 1934.

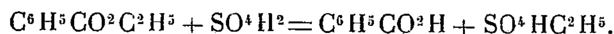
[2] *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1655.

carboxyle est uni directement au noyau benzénique (acides benzoïque, O. toluique, O. phtalique) ou qu'il en est séparé par des $CH^2$ (acides phénylacétique, phénylpropionique, diméthylphénylacétique auxquels il faut ajouter l'acide salicylique). Avec les premiers il y a simple dissolution dans $SO^4H^2$, tandis qu'il y a sulfonation avec les seconds.

Comme on devait s'y attendre, ces différences se retrouvent dans l'action de l'acide sulfurique sur les éthers de ces acides, avec des particularités qui les accompagnent, ainsi que nous allons l'exposer.

Toutes les opérations ont été faites avec 5$^{cm^3}$ d'éther aromatique et 20$^{cm^3}$ d'acide sulfurique bouilli pur Poulenc, $d = 1{,}84$; dans des tubes d'essais, à froid, c'est-à-dire à la température du laboratoire, en moyenne 16° et à chaud, vers 80°.

I. *Benzoate d'éthyle* $C^6H^5CO^2C^2H^5$. — L'acide sulfurique le dissout à froid facilement, mais il le saponifie à froid avec une extrême lenteur, car, après plusieurs heures, cette dissolution, par addition d'eau, abandonne l'éther qui surnage, sous forme d'une collerette, au-dessus de l'acide sulfurique. Ce n'est que vers le dixième jour que l'eau versée dans la liqueur primitive précipite l'acide benzoïque, sans formation de collerette éthérée. On a alors



$$C^6H^5CO^2C^2H^5 + SO^4H^2 = C^6H^5CO^2H + SO^4HC^2H^5.$$

A 80°, cette saponification se fait en quelques instants, sans dérivé sulfoné, car par addition d'eau il se précipite de l'acide benzoïque.

*Phtalate d'éthyle* $C^6H^4\langle^{CO^2C^2H^5\ (1)}_{CO^2C^2H^5\ (2)}$. — Il se comporte vis-à-vis de l'acide sulfurique comme le benzoate d'éthyle.

*Toluate d'éthyle* $C^6H^4\langle^{CH^3}_{CO^2C^2H^5}$. — La saponification de cet éther par l'acide sulfurique se fait rapidement à froid, car, peu d'instants après que l'éther a été dissous dans $SO^4H^2$, la dissolution abandonne par addition d'eau l'acide toluique sans collerette d'éther surnageante.

*Benzoate d'isopropyle* $C^6H^5CO^2CH\langle^{CH^3}_{CH^3}$. — La saponification à froid de cet éther par $SO^4H^2$ est tout aussi rapide que celle du toluate d'éthyle. Mais, avec le temps, la solution sulfurique du benzoate d'isopropyle brunit, et, au lieu du précipité blanc d'acide benzoïque, l'eau y produit un dépôt brun qui est celui que l'on observe lorsque la solution a été chauffée à 80°.

*Benzoate de propyle* $C^6H^5CO^2CH^2 - CH^2.CH^3$.

*Benzoate d'isoamyle* $C^6H^5 - CO^2 - CH^2.CH^2 - CH\langle^{CH^3}_{CH^3}$. — Ces deux éthers se rapprochent au point de vue de leur comportement vis-à-vis de

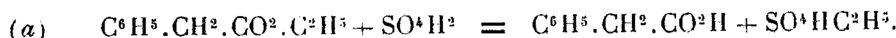
l'acide sulfurique qui, à froid, ne les a pas complètement saponifiés au bout de 15 jours. De plus, les solutions sulfuriques s'altèrent lentement à froid, rapidement à 80°, et donnent avec l'eau un précipité brun jaunâtre.

II. Les solutions sulfuriques des éthers précédents, chauffées à 80° ou maintenues plusieurs jours à la température du laboratoire, abandonnent toutes, par addition d'eau, l'acide aromatique correspondant, indiquant une simple *saponification*.

Il n'en est plus de même pour les éthers qui vont suivre, dont les solutions sulfuriques, à 80°, ou à froid après un temps plus ou moins court, ne précipitent pas par l'eau, en raison des acides solubles sulfoaromatiques formés.

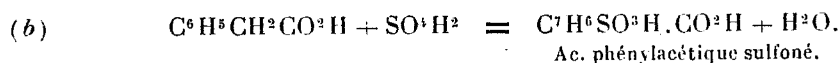
III. *Phénylacétate d'éthyle* $C^6H^5.CH^2.CO^2.C^2H^5$. — L'acide sulfurique agit lentement à froid sur cet éther comme l'indiquent les traitements successifs par l'eau qui d'abord sépare simplement l'éther de sa solution sulfurique, puis, vers le 3e jour, commence à précipiter l'acide phénylacétique jusqu'au 6e jour où la précipitation par l'eau n'augmente plus.

On a alors



$$(a)\qquad C^6H^5.CH^2.CO^2.C^2H^5 + SO^4H^2 = C^6H^5.CH^2.CO^2H + SO^4HC^2H^5.$$

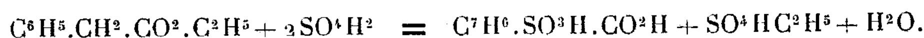
La liqueur précipite ensuite de moins en moins par l'eau qui vers le 15e jour ne donne plus de précipité par le fait de la transformation totale de l'acide phénylacétique en dérivé sulfoné soluble :



$$(b)\qquad C^6H^5CH^2CO^2H + SO^4H^2 = C^7H^6SO^3H.CO^2H + H^2O.$$

Ac. phénylacétique sulfoné.

A 80° la solution sulfurique de phénylacétate d'éthyle maintenue une demi-heure à cette température et ensuite refroidie est complètement soluble dans l'eau, en sorte que les deux phases (*a*) et (*b*) semblent se confondre dans une seule réaction :

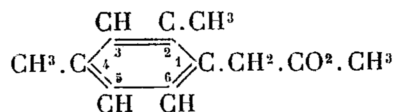


$$C^6H^5.CH^2.CO^2.C^2H^5 + 2SO^4H^2 = C^7H^6.SO^3H.CO^2H + SO^4HC^2H^5 + H^2O.$$

IV. *Phénylpropionate d'éthyle* $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO^2C^2H^5$. — Dissous à froid dans l'acide sulfurique et additionné d'eau 2 heures après, cet éther s'y dissout complètement sans collerette d'éther ni précipité d'acide phénylpropionique.

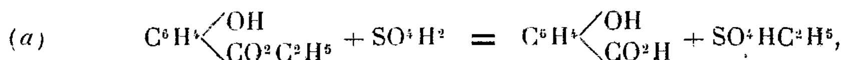
A 80° la sulfonation ne demande que quelques instants.

V. *Diméthylphénylacétate de méthyle*

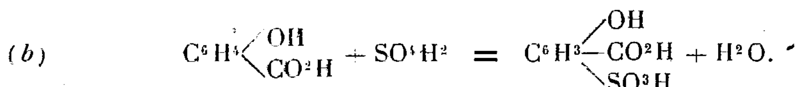


Cet éther mis à ma disposition par M. le Professeur Delépine est soluble à froid dans $SO^4H^2$ et cette dissolution, quelques instants après, se dissout dans $6^{vol}$ d'eau, sans collerette d'éther ni précipité d'acide diméthylphénylacétique, lequel est à peu près insoluble dans $SO^4H^2$ à $6^{vol}$ d'eau. La sulfonation à froid a donc été très rapide et se confond avec la saponification.

VI. *O. Salicylate d'éthyle* $C^6H^4\langle{}^{OH}_{CO^2C^2H^5}$. — L'acide sulfurique agit sur cet éther comme sur le phénylacétate d'éthyle, c'est-à-dire qu'à froid on a les deux phases (*a*) et (*b*) :



$$(a)\qquad C^6H^4\langle{}^{OH}_{CO^2C^2H^5} + SO^4H^2 = C^6H^4\langle{}^{OH}_{CO^2H} + SO^4HC^2H^5,$$



$$(b)\qquad C^6H^4\langle{}^{OH}_{CO^2H} + SO^4H^2 = C^6H^3\begin{cases}OH\\CO^2H\\SO^3H\end{cases} + H^2O.$$

A 80°, la sulfonation est rapide et se confond avec la saponification.

VII. *Salicylate d'isopropyle* $C^6H^4\langle{}^{OH}_{CO^2-CH\langle{}^{CH^3}_{CH^3}}$. — Il est rapidement saponifié à froid par l'acide sulfurique. Mais la solution sulfurique de cet éther se décompose peu à peu à froid et très vite à chaud, noircit et ne précipite plus par l'eau.

VIII. *Conclusion.* — Au point de vue de la *sulfonation* l'acide sulfurique agit sur les éthers aromatiques comme sur les acides correspondants (cf. Senderens, *loc. cit.*).

Quant à la saponification par $SO^4H^2$ elle varie selon les acides aromatiques, et pour un même acide avec les alcools éthérifiés.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action masculinisante de l'urine de femme enceinte.* Note (1) de M. E. **Guyénot**, Mlles R. **Ponse** et I. **Trolliet**.

Les recherches de Steinach et Kun (1931), de Guyénot, Ponse et Wietrzykowska (1932) ont montré que les extraits alcalins préhypophysaires exercent, entre autres actions, un effet masculinisant sur les femelles de cobayes. Les corps caverneux du clitoris deviennent gros et saillants ;

(1) Séance du 14 mai 1934.

deux crochets cornés et plusieurs rangées d'épines se forment comme sur le pénis des mâles. Guyénot, Ponse et Wietrzykowska ont montré que cette masculinisation se produit même chez les femelles récemment castrées. Il est donc difficile de la considérer, ainsi que l'ont fait Steinach et Kun, comme une conséquence de la « lutéinisation » de l'ovaire provoquée par les mêmes extraits.

Nous avons déjà indiqué brièvement [1] que l'urine de femme enceinte exerce une action masculinisante encore plus intense et très rapide. L'urine utilisée est additionnée de quatre volumes d'alcool à 94°; le précipité formé est séparé par centrifugation, lavé à l'alcool à 80°, puis à l'éther. La substance, complètement dépourvue de folliculine, est redissoute dans l'eau physiologique de telle manière que $1^{cm^3}$ d'extrait corresponde à $20^{cm^3}$ d'urine de femme enceinte (U.F.E.). Voici un exemple de masculinisation.

La femelle n° 239, âgée de 85 jours et pesant $250^g$, reçoit, en 14 jours, l'équivalent de $980^{cm^3}$ de U. F. E. Après un intervalle de 28 jours, on fait un deuxième traitement ($360^{cm^3}$ de U. F. E. en 6 jours). Le clitoris, petit, indévaginable au début de l'expérience, devient gros et dévaginable dès le 6ᵉ jour. On note, le 8ᵉ jour, des débuts de crochets péniens qui sont bien formés le 14ᵉ jour. Au bout de 19 jours, ces crochets mesurent $1^{mm},2$ de longueur, en même temps qu'apparaissent les épines péniennes. Un mois après le début de l'expérience, le clitoris, tout à fait péniforme, fait normalement saillie, entouré de smegma; les crochets mesurent $1^{mm},5$; les épines sont entièrement formées. Après le deuxième traitement, le clitoris atteint $6^{mm}$ de longueur, les crochets $2^{mm},3$ et $2^{mm},5$. Deux traitements, pratiqués ultérieurement, ne permirent pas de dépasser ce stade, mais la masculinisation acquise persista.

Voici un autre exemple concernant une femelle adulte, pesant $620^g$. Elle reçoit, en une première série d'injections, pendant 10 jours, l'équivalent de $640^{cm^3}$ de U. F. E. Dès le 9ᵉ jour, on note l'apparition des crochets péniens qui mesurent déjà $2^{mm}$ le 19ᵉ jour et atteignent $3^{mm}$ le 23ᵉ jour. Corrélativement, le clitoris devient gros, saillant, dévaginable; les épines péniennes apparaissent le 14ᵉ jour. Après un deuxième traitement, les crochets mesurent $4^{mm}$ de longueur.

Cette masculinisation rapide, apparente du 6ᵉ au 8ᵉ jour, s'accompagne d'une action féminisante très marquée sur les mamelles; celles-ci deviennent grosses, les mamelons longs et pigmentés comme chez une femelle en lacta-

---

[1] *Revue suisse de Zoologie*, 40, 1933, p. 217.

tion; enfin, une sécrétion abondante de lait s'établit. Nous avons noté aussi une action des extraits préhypophysaires sur les mamelles, mais elle est restée toujours beaucoup plus discrète et n'a jamais abouti à l'établissement d'une sécrétion.

La masculinisation diffère encore de celle exercée par les extraits de lobes antérieurs d'hypophyse, en ce sens qu'elle ne se produit jamais chez les femelles castrées, même si l'ovariectomie est récente. La femelle n° 312, par exemple, est castrée le 27 novembre, alors qu'elle pèse 280$^{g}$. Du 15 décembre au 26, elle reçoit l'équivalent de 700$^{cm^3}$ de U. F. E. On refait un deuxième traitement après 20 jours de repos. Le clitoris reste petit; il n'y a pas trace de crochets ni d'épines.

Ayant ainsi constaté l'absence complète d'effet masculinisant chez cette femelle castrée, nous avons tenté de réaliser une contre-épreuve en lui implantant, le 7 février, un ovaire de jeune femelle, dans le rein. Le 21 février, le vagin s'ouvre : cette réapparition du cycle œstral chez une femelle castrée depuis près de trois mois était le signe de la reprise de l'ovaire transplanté et de son activité hormonique. Aussitôt nous injectons, en 12 jours, l'équivalent de 660$^{cm^3}$ de U. F. E. Dès le 7$^{e}$ jour du traitement, les crochets péniens commencent à pousser; le 13$^{e}$ jour, ils mesurent déjà 1$^{mm}$,3. La masculinisation est restée, dans ce cas, limitée au développement des crochets, comme nous l'avons observé parfois sur des femelles entières. Le contraste n'en est pas moins frappant entre l'inefficacité absolue de 700$^{cm^3}$ U. F. E. appliqués à la femelle castrée et la formation rapide de crochets sous l'influence d'une dose moindre, après greffe d'un ovaire.

Il est évident que la masculinisation opérée par l'extrait d'urine de femme enceinte avec la collaboration indispensable de l'ovaire et la masculinisation provoquée par les extraits d'hypophyse même sur femelles castrées relèvent de deux mécanismes différents.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Henri Gadeau de Kerville. *Les vieux arbres de la Normandie. Étude botanico-historique.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les involutions unicursales du quatrième ordre.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. d'Ocagne.

Les involutions unicursales d'ordre quelconque dont j'ai exposé la théorie et développé de nombreuses applications ([1]) présentent un intérêt tout spécial pour l'étude systématique des courbes et surfaces algébriques.

A titre d'exemples choisis parmi bien d'autres, je rappellerai simplement que ces involutions constituent un instrument commode pour résoudre divers problèmes fondamentaux relatifs à une cubique définie par neuf points ou à une quartique définie par quatorze points ou encore à une quadrique définie par neuf points, tels que ceux-ci : génération continue de la courbe ou de la surface, détermination des points d'intersection de celle-ci avec d'autres courbes algébriques, condition pour qu'un point donné supplémentairement appartienne à la courbe ou à la surface (problème de Pascal-Chasles), construction de courbes osculatrices à la courbe algébrique donnée, etc. Ou encore : construction géométrique permettant de déterminer les trois points d'inflexion d'une cubique unicursale donnée par son point double et six autres points, ou de déterminer les coniques qu'on peut mener par trois points donnés et qui sont osculatrices à une quartique trinodale passant par ces trois points et admettent deux d'entre eux pour points doubles; etc.

Pour faciliter certaines applications de cette théorie il est utile de savoir résoudre *au moyen de constructions géométriques* les deux importants problèmes suivants : 1° Déterminer géométriquement les $n$-points $n$-uples d'une involution unicursale $I_n$ d'ordre $n$ définie, sur une courbe unicursale $\Gamma$, par $n$-groupes de points homologues ou $n$-ades; 2° une $I_n$ étant donnée par $n$ $n$-ades, trouver un système linéaire de courbes algébriques aussi simple que possible (et appelé, pour cette raison, système *réduit*) qui puisse engendrer cette $I_n$ sur l'unicursale considérée.

Pour $n = 3$, j'ai déjà résolu complètement ces deux problèmes : le premier, en *généralisant le théorème de Steiner* (relatif à des cercles osculateurs à une conique $\Gamma$) et en montrant que dans un réseau quelconque de coniques ayant toutes un point $\Delta$ commun avec une conique donnée $\Gamma$, il y en a trois qui sont osculatrices à $\Gamma$ aux trois points d'intersection (autres

([1]) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 194; **190**, 1930, p. 1424; **196**, 1933, p. 1452; **197**, 1933, p. 882; et *Journal de l'École Polytechnique*, 2e série, 27e cahier, 1929, p. 1; 2e série, 28e cahier, 1931, p. 109, et 2e série, 29e cahier, 1931, p. 115. Voir aussi les *Comptes rendus des Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences :* La Rochelle (1928), p. 52; Bruxelles (1932), p. 72; Chambéry (1933), p. 43.

que $\Delta$) de $\Gamma$ avec une certaine *conique de Poncelet*, facile à construire. De même, j'ai obtenu la solution géométrique du second problème en utilisant, non plus une conique des neuf points, mais une *généralisation du théorème de Joachimsthal* (relatif aux normales à une conique).

Je vais maintenant traiter les deux mêmes problèmes dans le cas des involutions du quatrième ordre, c'est-à-dire pour $n=4$.

*Premier problème.* — Je m'appuierai sur une proposition préliminaire qui donne le moyen de construire géométriquement les quatre coniques qui appartiennent à un système linéaire S du troisième ordre (c'est-à-dire dépendant linéairement de trois paramètres) et qui sont surosculatrices à une conique donnée $\Gamma$ :

Théorème. — *Étant donné une conique* $\Gamma$ *et un système linéaire* S *de coniques du troisième ordre, si* $\gamma$ *est la conique enveloppée par la droite* $m\rho$ *joignant les deux points de contact* $m$ *et* $\rho$ *de* $\Gamma$ *avec une quelconque des coniques du système* S *qui lui sont bitangentes, il existe quatre coniques* $K_1$, $K_2$, $K_3$, $K_4$ *du système* S *qui sont surosculatrices à la conique* $\Gamma$ *et leurs points de contact sont ceux de* $\Gamma$ *avec les quatre tangentes que cette conique a en commun avec la conique* $\gamma$.

Cela posé, considérons sur la conique $\Gamma$ une involution $I_4$ du quatrième ordre définie par quatre 4-ades données arbitrairement ([1]). Par chacune de celles-ci et par un point arbitraire O, extérieur à $\Gamma$, passent quatre coniques $C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_4$ qui définissent un système linéaire S du troisième ordre. Le théorème précédent nous permet de construire les quatre points de contact $\omega_1$, $\omega_2$, $\omega_3$, $\omega_4$ de la conique $\Gamma$ avec les quatre coniques du système S qui lui sont surosculatrices. (Cette construction se simplifie d'ailleurs ici du fait que les coniques de S passent toutes par un même point O.)

*Ces quatre points de contact sont alors les quatre points quadruples demandés de l'involution* $I_4$ *considérée sur* $\Gamma$. Le problème est donc résolu.

Ce résultat donne lieu à mainte application. Il permettra, pour ne citer qu'un seul exemple parmi les plus simples, de construire les quatre cubiques qui passent par cinq points d'une cubique nodale et par un sixième point extérieur à celle-ci, et qui sont surosculatrices à cette dernière courbe.

---

([1]) On peut, sans nuire à la généralité de la question, supposer qu'on a pris une *conique* comme support de l'involution, car le cas d'une unicursale quelconque peut toujours se ramener à celui-là.

*Second problème.* — Il y a lieu de voir si l'involution $I_4$ considérée pourrait être engendrée par un système linéaire de coniques plus simple encore que le système S, c'est-à-dire par un système Σ de coniques passant par deux points fixes O et P (au lieu d'un seul).

Or la réponse est négative dans le cas général, car, pour cela, on voit aisément qu'il faudrait qu'il existât deux points conjugués à la fois aux coniques du système S et à la conique donnée Γ. Or un tel cas est exceptionnel [1]. Il n'existe donc pas, en général, de système réduit Σ plus simple que le système S lui-même.

Ainsi, dans le cas d'une involution du quatrième ordre, le second problème comporte une solution *relativement* moins simple que pour une involution du troisième ordre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le terme et le module maximum des séries de Dirichlet.* Note [2] de M. **Elisha Netanjahu**, présentée par M. Hadamard.

1. M. B. Amirà a démontré [3], dans l'ordre d'idées de M. A. Wiman, le théorème suivant :

*Soit*

$$f(s) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{\lambda_n s} \qquad (a_n \neq 0,\ 0 < \lambda_1 < \ldots < \lambda_n \to \infty,\ s = \sigma + it) \tag{1}$$

*une série de Dirichlet convergeant absolument dans le plan entier.*

*Soient* $c > 0$ *constant et*

$$\sum_{\lambda_n < \chi} 1 = O(\chi^c), \tag{2}$$

*et soit, pour tout* $\delta > 0$,

$$\frac{1}{\Delta_n} = O(n^\delta), \tag{3}$$

$\Delta_n$ *désignant le minimum de* $(\lambda_k - \lambda_{k-1})$ *pour* $k = 1, 2, \ldots, 2n$. *On peut*

---

[1] Bien entendu, dans un pareil cas, la solution du premier problème se simplifie considérablement, puisque les quatre points quadruples $\omega_i$ sont alors les points de contact des tangentes menées à Γ par les deux points de la droite OP qui sont conjugués à la fois à la conique Γ et aux deux points O et P.

[2] Séance du 16 avril 1934.

[3] *Math. Zeitschr.*, 31, 1929, p. 594-600.

*alors, pour tout* $\varepsilon > 0$, *trouver une infinité de* $\sigma$, *croissant à l'infini, tels que*

$$M(\sigma) < m(\sigma)\,[\log m(\sigma)]^{\frac{c}{2}+\varepsilon},$$

$M(\sigma)$ *étant la limite supérieure du module de* $f(s)$ *sur la droite* $R(s) = \sigma$ *et* $m(\sigma)$ *le module du terme maximum de la série* (1) *pour le même* $\sigma$.

Je démontre [en analogie avec M. Wiman (¹) et M. Amirà] le théorème suivant:

*Les séries de Dirichlet* (1) *ayant une abscisse de convergence* finie *et les conditions* (2) *et* (3) *étant remplies, il existe pour tout* $\alpha$ *satisfaisant à l'inégalité* $1 < \alpha < \mathrm{Min}(2,\ 1 + 1/c)$ *une classe de ces séries vérifiant*

$$M(\sigma) < m(\sigma)\,[\log m(\sigma)]^{\frac{\alpha}{2\left(\frac{1}{c} - \alpha + 1\right)}},$$

*pour une infinité de* $\sigma$, *tendant vers l'abscisse de convergence* $\sigma_0$.

2. Soit $\sigma_1 < \sigma_2 < \ldots < \sigma_\nu < \ldots$ avec $\lim\limits_{\nu \to \infty} \sigma_\nu = \sigma_0$. Nous posons:

$$(1') \qquad m_n = m_1 e^{\sum\limits_{\nu=2}^{n} \lambda_{\nu-1}(\sigma_\nu - \sigma_{\nu-1})} \qquad \text{pour} \quad n \geqq 2,$$

$m_1$ étant un nombre positif arbitrairement choisi.

La série

$$(1'') \qquad \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{\lambda_n s} \equiv \sum_{n=1}^{\infty} m_n e^{\lambda_n (s - \sigma_n)}$$

sera une série de la classe cherchée, si l'on a, pour un $\eta > 0$ suffisamment petit,

$$(4) \qquad \frac{\varphi(n)}{n^\alpha} = O\left(\frac{1}{n^\eta}\right),$$

où

$$\varphi(n) = \frac{1}{\sigma_n - \sigma_{n-1}}; \qquad 1 < \alpha < \mathrm{Min}\left(2,\ 1 + \frac{1}{c}\right).$$

3. De (4) et (2) on tire la divergence de $\sum\limits_{\nu=2}^{\infty} \frac{\lambda_{\nu-1}}{\varphi(\nu)}$ et de là, étant donné (1′) et la condition (2), on déduit

$$(5) \qquad 1 = \lim_{n \to \infty} \frac{\log m_n}{\sum\limits_{\nu=2}^{n} \frac{\lambda_{\nu-1}}{\varphi(\nu)}} \leqq \lim_{n \to \infty} \frac{\log m_n}{\gamma \sum\limits_{\nu=2}^{n} \frac{\nu^{\frac{1}{c}}}{\varphi(\nu)}} \qquad (\gamma > 0).$$

(¹) A. Wiman, *Acta math.*, 37, 1914, p. 318-320.

Soit $0 < \eta_1 < \eta$. On a, en raison de (4) et de (5),

$$\lim_{n\to\infty} \frac{\log m_n}{\sum_{\nu=2}^{n} \nu^{\frac{1}{c}-\alpha+\eta_1}} = \infty, \qquad \text{d'où} \qquad \log m_n > \nu^{\frac{1}{c}-\alpha+\eta_1+1};$$

et, si $\sigma_\nu \leqq \sigma \leqq \sigma_{\nu+1}$, on a, d'après (1''),

(5') $$\log m(\sigma) > \nu^{\frac{1}{c}-\alpha+\eta_1+1}.$$

4. En posant $M(\sigma) = m(\sigma)\,\mu(\sigma)$, on a

$$\mu(\sigma) = 1 + \sum_{n=1}^{\nu-1} e^{\sum_{k=n+1}^{\nu} \sigma_k(\lambda_k-\lambda_{k-1}) - \sigma(\lambda_\nu-\lambda_n)} + \sum_{n=\nu+1}^{\infty} e^{-\sum_{k=\nu+1}^{n} \sigma_k(\lambda_k-\lambda_{k-1}) + \sigma(\lambda_n-\lambda_\nu)}$$

et il faut démontrer que, pour une infinité de $\sigma$ tendant vers $\sigma_0$, on aura

(6) $$\mu(\sigma) < [\log m(\sigma)]^{\frac{\alpha}{2\left(\frac{1}{c}-\alpha+1\right)}}.$$

Soient $S_n = \sum_{\nu=1}^{n} \nu^{-\alpha}$ et $l_n = \sigma_n - S_n$. On tire de (4) que $\sigma_n + (n+1)^{-\alpha} < \sigma_{n+1}$ à partir d'un certain $n = \nu_1$. Par conséquent, la suite des $l_n$ sera monotone et croissante, à partir de $n = \nu_1$. Un lemme analogue à celui de M. Amirà (*loc. cit.*, p. 596) donne alors, pour $\nu \geqq \nu_1$ et pour tout $\sigma$ tel que

$$\sigma_\nu \leqq \sigma \leqq \sigma_{\nu+1} - (\nu+1)^{-\alpha},$$

(7) $$\sigma(\lambda_\nu - \lambda_n) - \sum_{k=n+1}^{\nu} \sigma_k(\lambda_k - \lambda_{k-1}) \geqq S_\nu(\lambda_\nu - \lambda_n) - \sum_{k=n+1}^{\nu} S_k(\lambda_k - \lambda_{k-1})$$

$$(n = \nu_1 - 1, \ldots, \nu - 1),$$

(8) $$\sigma(\lambda_n - \lambda_\nu) - \sum_{k=\nu+1}^{n} \sigma_k(\lambda_k - \lambda_{k-1}) \leqq S_\nu(\lambda_n - \lambda_\nu) - \sum_{k=\nu+1}^{n} S_k(\lambda_k - \lambda_{k-1})$$

$$(n = \nu+1, \nu+2, \ldots).$$

Des calculs analogues à ceux de M. Amirà (*loc. cit.*, p. 599) donnent, en vertu de (3), pour $\nu > \nu_0 = \nu_0(\eta_2) \geqq \nu_1$ et tout $\sigma$ tel que

$$\sigma_\nu \leqq \sigma \leqq \sigma_{\nu+1} - (\nu+1)^{-\alpha},$$

(9) $$\mu(\sigma) < \nu^{\frac{\alpha+\eta_2}{2}} \qquad (\eta_2 > \delta).$$

Et l'on a, en vertu de (6') et de (9), pour tout $\sigma$ satisfaisant à

$$\sigma_\nu \leqq \sigma \leqq \sigma_{\nu+1} - (\nu+1)^{-\alpha} \quad [\nu \geqq \nu_0(\eta_2)] \qquad \text{et} \qquad \eta_2 = \frac{\alpha\eta_1}{\frac{1}{c} - \alpha + 1},$$

la relation annoncée (6).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème des moments.* Note [1] de M. **R. San Juan**, présentée par M. Émile Borel.

En combinant un théorème de Nörlund sur les fonctions déterminantes [2]

$$f(z) = \int_0^\infty \alpha(t)\, e^{-tz}\, dt$$

avec un autre de Lindelöf [3] appliqué à

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\mu_n}{n!} z^n,$$

nous avons obtenu dans notre Thèse de doctorat la solution suivante du problème des moments de Stieltjes $\mu_n$.

*Le problème des moments :*

$$\mu_n = \int_0^\infty \alpha(t)\, t^n\, dt$$

*a une solution $\alpha(t)$ si l'on a*

$$\mu_n = n!\, g(n),$$

*$g(z)$ étant une fonction qui, dans un certain semi-plan*

$$R(z) > -\gamma < 1,$$

*est holomorphe et vérifie la condition*

$$|g(z)| = O[e^{\theta|z|}] \qquad \left(0 < \theta < \frac{\pi}{2}\right).$$

*La solution $\alpha(t)$ est une fonction continue qui admet des dérivées continues jusqu'à l'ordre $k = E[\gamma]$ (partie entière de $\gamma$) exclusif, et qu'elle accomplit*

---

(1) Séance du 16 avril 1934.

(2) *Leçons sur les séries d'interpolation*, p. 184.

(3) *Le calcul des résidus*, p. 113 et 209.

*encore la condition*

$$|\alpha(t)| = O[e^{-at}]$$

*en supposant* ([1])

$$a < e^{-\theta}\cos(\pi - \theta') \qquad \left(0 < \theta' < \frac{\pi}{2}\right).$$

Le problème réciproque peut s'aborder avec le théorème réciproque de Lindelöf, démontré par V. Bernstein ([2]).

Ce théorème peut se généraliser en remplaçant $n!$ par $(np)!$ quel que soit le nombre positif $p$, et nous obtenons ainsi le suivant :

*Le problème des moments*

$$\mu_n = \int_0^\infty \alpha(t) t^n \, dt$$

*a une solution* $\alpha(t)$ *si l'on a*

$$\mu_n = (np)!.g(n) \qquad (p > 0),$$

$g(z)$ *étant une fonction holomorphe dans un semi-plan*

$$R(z) > -\gamma < -1,$$

*vérifiant partout la condition*

$$|g(z)| = O[e^{p\theta|z|}] \qquad \left(0 < \theta < \frac{\pi}{2}\right).$$

On obtient la démonstration en appliquant le même théorème de Lindelöf à l'intégrale

$$f(z) = \int_0^\infty \alpha(t) \, E_p(tz) \, dt,$$

$E_p$ étant la fonction de Mittag-Leffler

$$E_p(\zeta) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\zeta^n}{(np)!}.$$

Nous désignerons ces intégrales par le symbole $D_p$, puisqu'elles constituent une généralisation de l'intégrale de Laplace, parfois appelée aussi

---

([1]) Il est à remarquer que cette solution est beaucoup plus générale que celle de Le Roy (*Sur les séries divergentes*), qui suppose $g(z)$ entière et d'un ordre apparent plus petit que l'unité, et qui impose aux moments, $\mu_n$ des conditions plus limitées, malgré quoi il établit seulement l'ordre de croissance de $\alpha(t)$ mais non sa continuité, ni sa dérivabilité.

([2]) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, 2, 1928, p. 420.

intégrale de Dirichlet, intégrale déterminante, ou brièvement intégrale D.

Pour parvenir à cette démonstration, il nous a fallu établir certaines propriétés de ces intégrales, parmi lesquelles figure la suivante :

*Si* $D_p$ *converge absolument en un point* $z_0 = \rho_0 e^{\varphi_0 i}$ *de l'angle* $|\varphi_0| < p\pi/2$ *et converge absolument et uniformément dans la région des points* $z = \rho e^{\varphi i}$ *définie par l'inégalité*

$$\rho^{\frac{1}{p}} \cos\frac{\varphi}{p} < \rho_0^{\frac{1}{p}} \cos\frac{\varphi_0}{p} + \varepsilon,$$

*quel que soit* $\varepsilon > 0$.

Nous avons aussi déduit la formule d'inversion analogue à celle de Riemann

$$\alpha(t) = \frac{1}{2\pi i}\int_c \frac{1}{p}(tu)^{\frac{1}{p}-1} e^{-(tu)^{1/p}} f(u)\,du,$$

$c$ étant la branche hyperbolique qui limite le domaine antérieur, branche dont les asymptotes forment l'angle $p\pi/2$.

Si $p$ diminue, le domaine de convergence augmente évidemment; si $p \to 0$ la fonction $E_p(\zeta)$ devient $E(\zeta)$ de Mittag-Leffler et le domaine tend vers le plan avec une coupure le long d'une demi-droite. Ces considérations doivent cependant être l'objet d'une étude approfondie.

Nous n'avons pas trouvé de bibliographie sur ces intégrales et nous croyons que leur étude systématique peut avoir diverses applications. On pourrait les utiliser, par exemple, dans la détermination des points singuliers d'une fonction holomorphe généralisant les méthodes courantes qui utilisent l'intégrale de Laplace, et les points singuliers de la fonction.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une méthode de résolution d'une catégorie d'équations transcendantes.* Note de M. **Edmond Lahaye**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une relation transcendante

$$(1) \qquad F(z) = 0,$$

$F(z)$ étant analytique. Dans l'hypothèse où (1) possède une infinité de racines, montrons comment on peut en calculer un nombre aussi grand que l'on veut. Supposons les termes de $F(z)$ rangés en deux groupes

$$(2) \qquad F(z) \equiv P(z) + Q(z) = 0,$$

où le choix de $P(z)$ est fixé comme suit : 1° on peut calculer immédiatement les racines de $P(z) = \text{const.}$; 2° si $x^r$ est le nombre des racines de $P(z) = \text{const.}$ et si le 1° s'applique à plusieurs fonctions transcendantes nous prendrons pour $P(z)$ celle pour laquelle $p$ est le plus grand possible. Si le 1° n'était pas réalisé nous transformerons l'équation de manière qu'il le soit : tel serait, par exemple, le cas pour l'équation $z^2 + z = 0$ que nous ramènerions à la forme $z + (2k\pi i + \log z) : \log z = 0$ $(k = 1, 2, \ldots)$. Nous introduirons, comme nous l'avons déjà fait dans une Note précédente [1], un paramètre $t$ et une constante $\lambda$ et nous écrirons (2) sous la forme

$$F(z) \equiv P(z) + t\,Q(z) + (t - 1)\lambda = 0. \tag{3}$$

Nous nous donnons $\lambda$ et nous faisons l'hypothèse que, pour toutes les valeurs L de $\lambda$, telles que $|L| \leqq \lambda$, les points critiques $t$ de (3) sont isolés. Soit N un nombre fini, mais aussi grand que l'on veut de racines de (3) pour $t = 0$. Si nous pouvons suivre ces racines lorsque $t$ parcourt le segment réel $0 - 1$, nous obtiendrons, pour $t = 1$, N racines de (2) ou un nombre plus petit si $t = 1$ est un point critique de (3). Soit $Z_{r,0}$ $(r = 1, 2, \ldots, N)$ une racine de

$$P(z) - \lambda = 0. \tag{4}$$

Nous calculons sa valeur en un point $t_1$ du segment $0 - 1$, par la méthode de Newton, soit

$$z_i = z_{i-1} - \frac{F(z_{i-1}, t_1)}{F_1(z_{i-1}, t_1)} \qquad (i = 1, 2, \ldots) \tag{5}$$

où $z_0 = Z_{r,0}$ et $F_1 \equiv \partial F / \partial z$. Si les relations (5) convergent, nous obtiendrons une racine $Z_{r,1}$ de $F(z_1 t_1) = 0$, qui se réduit à $Z_{r,0}$ pour $t_1 = 0$. On opère à partir de $t_1$ comme à partir de 0, etc.

Nous démontrons qu'en changeant d'une manière déterminée, s'il est nécessaire, une ou plusieurs fois de constante, on peut partager l'intervalle 0-1 en un nombre fini d'intervalles partiels dans chacun desquels les relations (5) sont convergentes, le changement de constante s'effectuant simultanément dans les N racines, qui sont alors calculées pour la nouvelle valeur de la constante. Pour toute nouvelle constante L, on a $|L| \leqq |\lambda|$.

On voit donc que tout point critique qui pourrait arrêter l'application de la méthode de Newton lorsque l'on avance sur le segment 0-1 de 0 vers 1, est écarté de l'axe réel par le choix judicieux d'une nouvelle cons-

---

[1] *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 742.

tante. On obtiendra ainsi, pour $t=1$, N racines de (2). Ce nombre N subira une réduction si $t=1$ est critique pour certaines racines. Mais on pourra encore calculer la valeur commune de ces racines par (5), sauf si elle est une valeur critique pour une des fonctions transcendantes figurant dans $F(z)$; dans ce cas, on sera ramené à la résolution d'une nouvelle équation. Il y aurait encore réduction de N, sans que $t=1$ soit critique si (1) possède moins de N racines.

La méthode est pratique : elle ne nécessite pas de développement en série et l'on peut, dans les calculs intermédiaires, se borner à une précision limitée. Nous l'avons appliquée à plusieurs équations.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur les transitions interdites des atomes à configurations électroniques* $2s^2 2p^2$, $2s^2 2p^3$, $2s^2 2p^4$ *et sur l'interprétation des raies de nébuleuses et de novæ*. Note de MM. **B. Edlén** et **P. Swings**, présentée par M. Ch. Fabry.

J. C. Boyce, D. H. Menzel et Ch. Payne (¹) ont examiné l'ensemble des raies interdites des configurations électroniques $s^2p^2$, $s^2p^3$ et $s^2p^4$ (depuis le carbone jusqu'à l'argon) et ont essayé d'interpréter un certain nombre de raies non encore identifiées de nébuleuses et de novæ, en appliquant l'idée de Bowen (²). Parmi ces nouvelles identifications, certaines semblent bien établies; c'est le cas notamment des raies interdites de Ne III; d'autres (notamment les raies interdites de F II et F III) sont discutables, comme on le verra dans cette Note. Le tableau comprend l'état actuel de nos connaissances (³) relativement aux nombres d'onde des transitions interdites des configurations $2s^2 2p^2$, $2s^2 2p^3$ et $2s^2 2p^4$; lorsque la fréquence n'est pas indiquée, c'est que la raie correspondante se trouve dans un domaine spectral inobservable dans les astres. En faisant les différences $\Delta\nu$ des nombres d'onde, on constate que les $\Delta\nu$ varient de façon correcte.

---

(¹) *Proc. Nat. Ac. Sc.*, 19, 1933, p. 581.

(²) *Ap. J.*, 67, 1928, p. 1.

(³) Références : C I, F. Paschen und P. G. Kruger, *An. der Physik*, 7, 1930, p. 1; N I, E. Ekefors, *Zeits. für Phys.*, 63, 1930, p. 437; O I, J. J. Hopfield, *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 160; N II, O II, O III, B. Edlén, *Zeits. für Phys.*, 84, 1933, p. 746; F II, F III, F IV, B. Edlén, résultats non encore publiés; Na IV, Na V, J. Söderqvist, résultats non encore publiés.

TABLEAU.

$2s^2 2p^2$ :

| | $^3P_2-{}^1D_2$. | $^3P_1-{}^1D_2$. | $^1D_2-{}^1S_0$. | $^3P_1-{}^1S_0$. |
|---|---|---|---|---|
| C I.......... | 10150 | 10178 | 11455 | 21632 |
| N II.......... | 15184 | 15267 | 17371 | |
| O III.......... | 19964 | 20158 | 22913 | |
| F IV.......... | 24624 | 25011 | 28303 | |
| Ne V.......... | [29204] (1) | [29900] | [33623] | |

$2s^2 2p^3$ :

| | $^4S^0_{3/2}-{}^2D^0_{5/2}$. | $^4S^0_{3/2}-{}^2D^0_{3/2}$. | $^2D^0_{5/2}-{}^2P^0$. | $^2D^0_{3/2}-{}^2P^0$. | $^4S^0_{3/2}-{}^2P^0$. |
|---|---|---|---|---|---|
| N I.......... | 19223 | 19231 | 9617 | 9609 | 28840 |
| O II.......... | 26808 | 26829 | 13659 | 13638 | |
| F III.......... | 34084 | 34120 | 17474 | 17437 | |
| Ne IV.......... | | | 21155 (2) ($\Delta\nu \sim 40$) | | |
| Na V.......... | | | 24915 | 24865 | |

$2s^2 2p^4$ :

| | $^3P_2-{}^1D_2$. | $^3P_1-{}^1D_2$. | $^1D_2-{}^1S_0$. |
|---|---|---|---|
| O I.......... | 15868 | 15710 | 17925 |
| F II.......... | [20967] | [20625] | 24048 |
| Ne III (2)...... | 25840 | 25197 | 29913 |
| Na IV.......... | [30540] | [29434] | 35662 |

Remarquons encore qu'entre les intensités des différentes raies indiquées, il existe des relations dont la théorie a été donnée récemment par E. U. Condon (3). Nous ne parlerons que des cas où nos résultats diffèrent de ceux de Boyce, Menzel, Payne (4) ou les complètent. Nous avons développé le cas de NeV dans une Communication précédente.

CI. La raie transaurorale $^3P_1-{}^1S_0$ ($\lambda$4621,5) a été trouvée par B. M. P. dans différentes novæ; elle se présente aussi dans le spectre de Nova Pictoris (H. S. Jones, $\lambda$4620,3, intensité 1, large) et probablement également dans Nova Ophiuchi 1919.

FIV, B. M. P, partant de valeurs grossièrement estimées des longueurs

(1) Les nombres indiqués entre parenthèses ne sont que des valeurs estimées.

(2) En admettant l'attribution à Ne III des raies nébulaires $\lambda\lambda$3868,85; 3967, 62 et 3342 Å et l'attribution à Ne IV de la raie $\lambda$ 4725,7.

(3) *Ap. J.*, 79, 1934, p. 232. (Ces intensités sont les sommes des intensités correspondant au quadrupôle électrique et au dipôle magnétique.)

(4) Dans la suite, l'abréviation B. M. P. désignera Boyce, Menzel, Payne.

d'onde ne trouvent aucune coïncidence avec des raies de nébuleuses ou de novæ. Un résultat analogue est obtenu avec nos nouvelles valeurs des longueurs d'onde; la première raie (λ4059,9) coïncide plus ou moins avec la raie non encore identifiée λ4058 (± 1 ou 2 Å) de Nova Geminorum (18 mars 1912), mais cela ne permet aucune affirmation car la seconde raie (λ3997,1) se trouve dans une région du spectre de Nova Gem. non observée le 18 mars 1912 et la troisième raie (λ3512,2) n'a jamais été observée nulle part.

Ne V. Le doublet $^3P - {}^1D$ de Ne V permet d'interpréter deux raies nébulaires non encore identifiées; cette question a été développée précédemment.

NI. L'attribution par B. M. P. de la raie λ5210,8 Nova Pic. à $^4S^0_{3/2} - {}^4D^0_{3/2}$ de NI semble erronée; la valeur correcte de la longueur d'onde de NI est 5200,7; la précision de la mesure de la raie de Nova Pic est sûrement supérieure à 10 Å; d'ailleurs l'autre raie du doublet (d'intensité théorique analogue) n'est pas observée et enfin λ 5210,8 est, dans le spectre de Nova Pic. (12 juin 1925), la seule raie non identifiée d'intensité supérieure ou égale à 2 (échelle 1-30), toutes les nombreuses autres raies observées résultant de transitions permises.

FIII. B. M. P. attribuent au passage $^2D^0 - {}^2P^0$ de FIII, la raie intense λ5722,6 de Nova Pic 1931 et λ5721 de Nova Aquilæ. Cette identification est extrêmement douteuse; en effet le passage $^2D^0 - {}^2P^0$ est essentiellement composé de deux raies ([1]) λλ5733,3-5721,2 (± 1 Å environ), dont les intensités théoriques d'après Condon sont analogues (rapport 5:3,3); or la raie λ5733 n'est observée nulle part. D'ailleurs, s'il est possible qu'instrumentalement on n'aie peut-être pas pu séparer les deux composantes dans Nova Pic., il semble néanmoins peu probable que l'erreur sur la mesure de la longueur d'onde aie pu être suffisamment grande.

F II. B. M. P. ont attribué aux trois passages interdits de F II les raies λλ 5271,4; 5172,7 et 4178,9 de Nova Pictoris, se basant surtout sur le fait que la différence Δν des fréquences des deux premières raies observées est égale au Δν des deux raies $^3P - {}^1D$ de F II. Nos trois longueurs d'onde de F II sont : d'une part, λλ4847 et 4768 en basant l'estimation sur la loi des doublets irréguliers et en supposant correcte l'identification de Ne III et, d'autre part, λ 4157,2 ± Å. Il semble improbable que, pour

([1]) Car les composantes de $^2P^0$ sont très voisines.

les deux premières raies, l'erreur sur l'estimation soit suffisamment grande pour interpréter les raies observées 5271,4 et 5172,7; pour la troisième raie, l'accord est aussi impossible.

Il semble donc certain que, jusqu'ici, on n'ait aucune preuve qu'il y ait dans le spectre des nébuleuses ou des novæ (notamment dans le spectre de Nova Pictoris) des transitions interdites de F II, F III ou F IV. Cette question présente un certain intérêt puisque certains auteurs, se basant sur le Mémoire de B. M. P., ont cru que Nova Pictoris présentait une abondance très élevée en fluor ([1]).

PHOTOTOPOGRAPHIE. — *Propriété perspective de certaines surfaces et son application aux levés phototopographiques aériens.* Note de M. **Georges Poivilliers**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'exploitation topographique des photographies aériennes dans les appareils modernes de restitution, s'effectue par couples de clichés, dont la mise en place comporte une série d'opérations qui sont de même nature pour tous les appareils. On reconstitue d'abord, à l'aide de chaque cliché, un faisceau perspectif semblable à celui de l'espace. On oriente ensuite mutuellement ces deux faisceaux de façon que tous leurs rayons homologues se coupent, on forme ainsi une *image plastique* semblable au terrain. On met celle-ci à l'échelle et l'on oriente la direction de ses verticales en utilisant trois points du terrain dont les coordonnées sont connues, on contrôle sur un ou plusieurs autres points connus. Le contrôle peut révéler une certaine déformation de l'image plastique, qui provient de la tolérance d'appréciation de la rencontre des rayons homologues; on sait la corriger.

Cependant, au cours des nombreux travaux de restitution exécutés au Service géographique de l'Armée, à l'aide de mes appareils de stéréotopographie, on a constaté que, parfois, certains couples de clichés pouvaient fournir une image plastique présentant des déformations importantes. Vérification faite, ces déformations ne purent être imputées, ni à des défauts des clichés, ni à la distorsion ou à la dissymétrie des objectifs, ni à des déréglages instrumentaux.

L'explication de ce fait résulte de ce que deux perspectives photogra-

---

([1]) Cf. notamment H. Spencer Jones, *The Observatory*, 56, 1933, p. 363, et *M. N. R. A. S.*, 94, 1933, p. 38.

phiques d'un terrain peuvent dans certains cas reconstituer une figure différente du terrain réel; elle repose sur la proposition géométrique suivante que je crois nouvelle :

Théorème. — *La rencontre dans l'espace, suivant une surface Σ, des rayons homologues de deux perspectives coniques d'une même surface* S, *n'est pas une condition suffisante pour que la surface Σ soit semblable à la surface* S.

Soit en effet une surface S définie par l'intersection des rayons homologues de deux perspectives coniques 1 et 2 de sommets $P_1$ et $P_2$. Coupons l'ensemble par un plan Π passant par $P_1$ et $P_2$, chaque perspective est coupée suivant un faisceau de droites $\Pi_1$ et $\Pi_2$; les rayons homologues de ces deux faisceaux se coupent suivant une courbe G qui peut être considérée comme génératrice de S lorsque Π tourne autour de $P_1 P_2$.

Si l'on amène la perspective 2 en 2′ par un déplacement, qui ne soit pas une translation suivant $P_1 P_2$ les faisceaux homologues $\Pi_1$, $\Pi'_2$ (nouvelle position de $\Pi_2$) ne sont plus dans un même plan, mais rencontrent tous deux une même droite Δ. En général, deux rayons homologues quelconques ne coupent pas Δ au même point, ils ne se rencontrent donc pas dans l'espace, et les deux perspectives, dans leur nouvelle position 1.2′, ne définissent pas de surface.

Cependant G peut être telle que tous les rayons homologues de $\Pi_1$ et $\Pi'_2$ se coupent sur Δ. En effet, les divers points de Δ définissent par rapport à $P_1$ et $P'_2$ deux faisceaux homographiques $p_1$ et $p'_2$; en ramenant 2′ à sa position initiale 2, ces deux faisceaux viennent dans le plan Π, ils définissent alors une conique Γ. Si Γ est confondue avec G, tous les rayons homologues de $\Pi_1$ et $\Pi'_2$ se coupent sur Δ; si ceci a lieu pour tous les plans Π passant par $P_1 P_2$ les deux perspectives dans leur position 1,2′ définissent une surface réglée Σ, lieu des droites Δ, différente de S.

Les deux surfaces homologiques Σ et S sont des quadriques réglées dont l'étude sortirait du cadre de cette Note. Un cylindre de révolution, un cône à base circulaire dont une génératrice est normale à la base, rentrent comme cas particuliers dans cette catégorie de surfaces. Par exemple, un cylindre de révolution, défini par deux perspectives coniques dont les points de vue sont situés sur deux de ses génératrices, peut être transformé homologiquement par ces deux perspectives en hyperboloïde.

Les surfaces topographiques ne sont évidemment assimilables que dans leurs grandes lignes à de telles surfaces géométriques, mais comme l'appréciation de la rencontre des rayons homologues de deux perspectives photographiques est susceptible d'une certaine tolérance expérimentale, il

en résulte que les surfaces topographiques, voisines comme forme des surfaces précédentes, peuvent être transformées à la restitution en figures homologiques non semblables au terrain; pour que ceci ait lieu, les points de vue doivent être sur la surface dont ils dérivent.

Une vallée peut, dans certains cas, être assimilée à une portion de cylindre de révolution passant par les points de vue. Si, par exemple, le diamètre de ce cylindre est de $3000^{m}$, et si l'éloignement des divers points du terrain à cette surface ne dépasse pas $\pm 40^{m}$ sur l'étendue d'un couple, l'image plastique pourra présenter des déformations atteignant $10^{m}$ en nivellement (clichés, $13 \times 18$ de $200^{mm}$ de focale).

Les déformations croissent considérablement pour les points situés en dehors des plans normaux à la base passant par les points de vue. La correction de l'image plastique nécessite la connaissance d'un minimum de quatre points situés autant que possible au voisinage des quatre sommets du rectangle limitant le couple; elle s'effectue par une modification de l'orientement relatif des clichés qui peut être calculée en fonction de la déformation constatée. Ces considérations expliquent une partie des difficultés rencontrées jusqu'ici dans le cheminement phototopographique aérien.

CHALEUR. — *La convection naturelle est un phénomène très bien défini.* Note de M. **Aurel Potop**, présentée par M. Cotton.

M. Vernotte a proposé [1] de mesurer la conductibilité thermique d'un barreau métallique, en observant la quantité de chaleur supplémentaire que dissipe un petit four électrique, lorsqu'il est traversé par le barreau dans diverses positions. La mise en œuvre de cette méthode suppose donc, avant toute chose, l'étude de la dissipation propre du four. En reprenant ces expériences sous sa direction, nous avons donc étudié avec soin la convection naturelle du four, et le but de la présente Note est simplement d'indiquer *avec quel remarquable degré de précision nous sommes parvenu à reproduire des mesures de convection.* Le fait que ce phénomène ait pu passer pour mal défini prouve qu'il faut prendre des précautions nombreuses, que nous allons préciser. Elles concernent le radiateur lui-même,

---

(1) *Journ. Phys.*, 7e série, 4, 1933, p. 7 S.

l'enceinte, la fixation du radiateur dans l'enceinte, la mesure des températures et celle des puissances dissipées.

1° Aux températures inférieures à 100° C., l'état de la surface du radiateur d'argent n'intervient pas.

2° Le radiateur est contenu dans une enceinte métallique massive, très étanche aux courants d'air chaud, et c'est à sa température, et non à celle de l'air entourant le radiateur, que l'on rapporte le phénomène de convection.

3° A cause de l'application que l'on a en vue, le radiateur est, en certaines de ses parties, très rapproché de l'enceinte; on a donc dû rendre très rigide la liaison radiateur-enceinte, en l'assurant surtout par la tige du thermomètre du radiateur et par une autre tige de verre, dont on peut considérer la conductibilité thermique comme bien définie; on proscrit le plus possible l'emploi de ciments.

4° La construction du radiateur lui assure une température uniforme; ce qui est la seule manière d'avoir, en toutes circonstances, la même distribution de température.

L'enceinte doit, elle aussi, être isotherme. Le four devant être accessible, cette enceinte est faite de deux moitiés, que des boulons maintiennent serrées l'une contre l'autre. Cette coupure crée, entre les deux moitiés, une résistance thermique qui rend assez lente la disparition d'une hétérogénéité initiale de température; en particulier, lorsqu'on a dû changer la température de l'enceinte, il convient d'attendre avant de commencer les mesures. Il faut, de toutes façons, veiller à la grande propreté de la surface de contact entre les deux moitiés de l'enceinte, car la répartition de la chaleur dissipée n'est pas tout à fait symétrique entre elles, d'où la nécessité d'une résistance de contact aussi faible que possible.

Nous sommes parvenu, dans un nouvel appareil, à réaliser une enceinte d'un seul tenant, ce qui supprimera cette cause d'erreur très gênante.

La température $t$ du radiateur et celle $\theta$ de l'enceinte sont mesurées par de bons thermomètres à mercure, gradués en cinquièmes de degré, et observés à la lunette. La disposition des thermomètres est telle que la température de *tout* le mercure est bien déterminée, ce qui permet de faire, avec sûreté, la correction de colonne émergente.

*Le phénomène ne dépend pas que de* $(t - \theta)$; *la valeur absolue des températures intervient aussi;* on en a soigneusement étudié l'influence.

5° La puissance à dissiper est fournie sous forme de chaleur de Joule. Le fil chauffant a un très bon contact thermique avec le four, de sorte qu'il

est toujours à une température très voisine de la sienne; la fuite de chaleur créée par les fils d'arrivée, qui est d'ailleurs très petite, ne dépend ainsi que de la température du four; elle est donc bien déterminée.

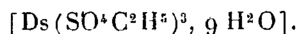
On mesure, par la méthode de la puissance stationnaire (*loc. cit.*), la puissance dissipée en régime permanent, pour les températures $t$ et $\theta$. On utilise pour cela un voltmètre en déviation constante, dont la résistance et la sensibilité sont très sensiblement indépendantes de la température. On n'est jamais en régime absolument permanent. Pour tenir compte des écarts au régime, il est nécessaire que, si les conditions de l'expérience changent un peu, elles changent avec une grande régularité dans le temps; aussi alimente-t-on le four avec une batterie d'accumulateurs de grande capacité, qui ne sert qu'à cet usage, et veille-t-on à empêcher toute variation brusque de la température ambiante. On contrôle très fréquemment les valeurs instantanées de la puissance de Joule et des températures.

Le four a une surface de quelques centimètres carrés; pour un écart $(t-\theta)$ voisin de 70° C., il dissipe environ 0,5 watt. Si l'on recommence des mesures sans jamais ouvrir l'enceinte, on retrouve, aux mêmes températures, les mêmes puissances dissipées, à 0,0001 watt près, ce qui reproduit *le phénomène de convection, à deux dix-millièmes près, en valeur relative*. Si l'on démonte l'enceinte entre deux mesures, et c'est actuellement la plus grave cause d'erreur, cette fidélité est moindre, mais l'écart extrême entre deux mesures ne dépasse jamais 0,0005 watt; cet écart définit la précision absolue de toutes les mesures, quel que soit $(t-\theta)$; rapporté à la plus grande puissance mesurée, il ne correspond qu'à une erreur relative de 1 pour 1000.

PHYSIQUE. — *Pouvoir rotatoire paramagnétique de l'éthylsulfate de dysprosium aux très basses températures. Saturation paramagnétique*. Note de MM. **Jean Becquerel**, **W. J. de Haas** et **J. van den Handel**, présentée par M. Cotton.

Pour la recherche des lois de la rotation paramagnétique, nous avons entrepris une étude des éthylsulfates hydratés de terres rares, cristaux uniaxes, dans lesquels les ions métalliques sont suffisamment dilués pour qu'on puisse s'attendre à des effets relativement simples.

Nous avons commencé par l'éthylsulfate de dysprosium



$$[Ds(SO^4C^2H^5)^3, 9H^2O].$$

La substance est aussi pure que possible, l'oxyde de dysprosium qui a servi à la préparation de l'éthylsulfate nous ayant été donné par M. G. Urbain.

Aux températures de l'hélium liquide, deux séries de mesures ont été faites, dans la direction de l'axe optique, à 1°,620 K. et 4°,213 K., les deux courbes représentant la rotation $\rho$ en fonction de H/T (H champ, T température absolue) sont très voisines; elles ont nettement la forme d'une tangente hyperbolique; on obtient immédiatement une valeur approchée du moment magnétique, avec une précision suffisante pour calculer le champ correctif dû à l'interaction magnétique des ions et au champ démagnétisant. Les formules de M. H. A. Kramers, appliquées à la lame employée (épaisseur dans la direction de l'axe 1^mm^,749, cotés 1,75 et 1^mm^,65) donnent les valeurs $H_a$ des champs corrigés ($H_a = H - 80\,\rho/A$, A rotation saturation).

La courbe représentant $\rho$ en fonction de $H_a/T$, à 1°,620 K., montre que dans les champs supérieurs à 13000^g^ la rotation ne croît plus que très lentement, et suivant une loi linéaire. Comme la théorie (H.-A. Kramers) prévoit l'existence d'un terme proportionnel à $H_a$ (paramagnétisme indépendant de la température), nous avons essayé la loi

$$\rho = A\,\mathrm{th}\,\frac{\mu H_a}{kT} + BH_a. \tag{1}$$

Cette formule se trouve aussi bien vérifiée que possible, avec les constantes :

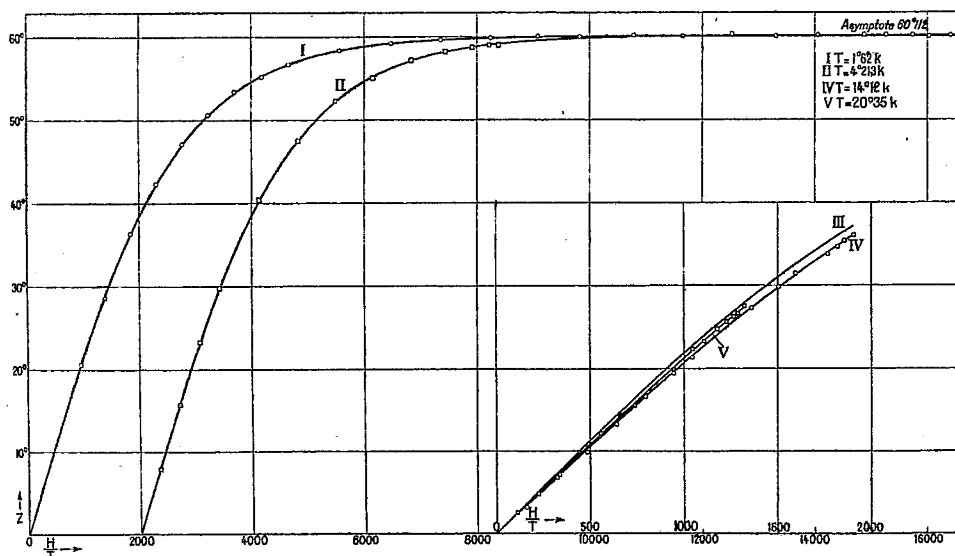
$$(2)\quad \begin{cases} \mu = 5{,}66_4\,\mu_B & (\mu_B \text{ magnéton de Bohr}), \\ A = -60{,}1^0_3 & \text{pour la lumière jaune du mercure,} \\ B = -7{,}87_5.10^{-6} & \text{valeurs rapportées à } 1^{mm} \text{ d'épaisseur.} \end{cases}$$

Le terme $BH_a$ englobe la rotation diamagnétique (de sens positif) et une rotation paramagnétique (de sens négatif) indépendante de T.

La courbe I de la figure représente, en fonction de $H_a/T$, le terme en th, calculé avec les constantes (2); les points marqués correspondent aux rotations mesurées à 1°,620 K., déduction faite du terme $BH_a$. La courbe II (décalée par rapport à I) est la même que I, et les points correspondent aux mesures à 4°,213 K. La loi (1) est aussi bien vérifiée à 4°,2 qu'à 1°,6 K., avec les mêmes constantes.

L'expression, qui est la plus simple possible, de l'argument de la tghyp., prouve qu'il n'y a pas de « champ moléculaire » appréciable, sans doute à cause de la grande dilution des ions.

Les courbes IV et V (à une échelle plus grande pour les $H_a/T$) donnent la même représentation aux températures de 14°,12 et de 20°,35K.; la courbe III figure le terme en tghyp. de (1). Les écarts prouvent que les températures de l'hydrogène liquide sont déjà assez élevées pour que les ions ne puissent plus être considérés comme étant tous dans l'état fonda-




mental; toujours est-il que le second niveau d'énergie Δ est assez écarté du niveau le plus bas pour que, à 4°,2K., le facteur de Boltzmann $e^{-\delta/kT}$ soit négligeable devant l'unité.

Les résultats suivants se dégagent de cette étude :

1° On trouve les manifestations simultanées de deux formes différentes de paramagnétisme; l'une est fonction de $H_a/T$, l'autre est indépendante de T (et subsisterait seule dans le cas d'un état non dégénéré). Nous pouvons annoncer qu'une étude récente des éthylsulfates de praséodyme, de néodyme et d'erbium confirment et généralisent ce résultat.

2° Dans le cas actuel, d'après la valeur du moment magnétique, pour le paramagnétisme fonction de $H_a/T$, l'écart à la valeur de saturation est inférieur au cent-millième, à 1°,62 K., dans le champ le plus intense employé (27000 g.). *C'est le premier cas de réalisation, on peut dire totale, de la saturation paramagnétique.*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrographique de la phlorhizine et de ses dérivés. Spectre ultraviolet de la phlorétine, de la phlorine et de la phloroglucine.* Note (¹) de M. **Albert Lambrechts**, présentée par M. Perrin.

Le spectre ultraviolet de la phlorhizine, précédemment étudié, a montré que cette substance se présente sous forme énolique en solution alcaline et sous forme cétonique en solution acide (²). Il est intéressant de rechercher si cette particularité physicochimique se retrouve pour différents de ses dérivés, afin de déterminer la partie de la molécule de phlorhizine responsable de cette tautomérisation. Du point de vue biologique l'étude de ces substances est également très importante (théorie du véhicule de Minkowski pour la phlorétine). Jusqu'à présent nous avons étudié la phlorétine, la phorine et la phloroglucine avec la même méthode et le même appareillage que pour la phlorhizine [méthode de V. Henri, spectrographe en quartz de Jobin (³), spectre d'étincelle et spectre continu, solutions aqueuses et alcooliques].

I. Phlorétine (préparée par hydrolyse acide de la phlorhizine). La destruction de la liaison glycosidique n'altère pas profondément le spectre ultraviolet de la phorhizine.

*a. Solutions aqueuses.* — On reconnaît comme pour la phlorhizine trois types de courbes suivant que le milieu est acide, alcalin ou voisin de la neutralité (Bandes C, E et E + C ayant même situation). La phlorétine montre donc la même variabilité d'absorption en fonctiou du pH que la phlorhizine. Seule l'intensité des bandes est plus grande pour cette dernière substance

$\varepsilon_c$ pour 2825 Å = 12600 à pH 2,20,
$\varepsilon_E$ — 3225 Å = 15400 à pH 9,5.
$\varepsilon_c$ = 6800 et $\varepsilon_E$ = 6450 à pH 7 (tampons phosphates).

La tautomérie céto-énolique existe donc également pour la phlorétine.

*b. Solution dans l'alcool éthylique* (optiquement vide). — La phlorétine, comme la phlorhizine, se présente dans ce solvant sous forme cétonique :

---

(¹) Séance du 15 janvier 1934.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 295.

(³) Propriété du Fonds national de la Recherche scientifique belge.

$\varepsilon_{max} = 25500$. La courbe d'absorption monte vers 3225 Å un contrefort, vraisemblablement ébauche de la forme énolique.

Le spectre de la phlorétine, de même que celui de la phlorhizine, ne présente pas de fines bandes.

*c*. En solution dans le *sérum*, milieux aqueux de pH 7,5 environ, la phlorétine se trouve sous forme céto-énolique, tout comme la phlorhizine.

II. PHLORINE OU PHLOROGLUCINE-GLUCOSIDE, préparée à partir de la phlorhizine selon Cremer et Seuffert, ne contenant pas cette dernière à l'analyse spectrographique.

*a*. En solution *aqueuse*, on peut encore reconnaître trois genres de courbes suivant le pH. On constate encore une augmentation notable de l'absorption dans les milieux alcalins par rapport aux milieux acides, mais le déplacement de la bande d'absorption vers le spectre visible est beaucoup moins marqué que pour la phlorhizine et la phlorétine, et surtout moins que pour la phloroglucine comme nous le verrons :

$\varepsilon$ pour 2670 Å (bande C) = 600 à pH 2,40;

$\varepsilon$ pour 2825 Å (bande E) = 2600 à pH 11,7.

A pH 7,65 la bande C est nettement prédominante; la bande E est représentée par un contrefort bien dessiné.

La tautomérie céto-énolique de la phlorine est réversible comme celle de la phlorhizine et de la phlorétine.

*b*. *En solution alcoolique*, la phlorine présente la forme cétonique avec une petite bande, peu marquée, pour 2775 Å visible nettement sur les spectres à fond continu.

$\varepsilon_{max}$ pour 2710 Å = 715 (bande C)

$\varepsilon$ 2775 = 597 $\quad$ $\varepsilon$ 2760 = 562.

Ces spectres à fond continu ont été mesurés au microphotomètre enregistreur de Moll.

III. PHLOROGLUCINE (Merck pour analyse) :

*a*. En solution *aqueuse*, la tautomérie céto-énolique existe pour cette substance à un degré extrême, beaucoup plus marqué que pour la phlorhizine.

$\varepsilon_{max} = 800$ pour 2650 Å à pH 1,76 (forme cétonique)

$\varepsilon_{max} = 11.000$ pour 3500 Å à pH 12,60 (forme énolique).

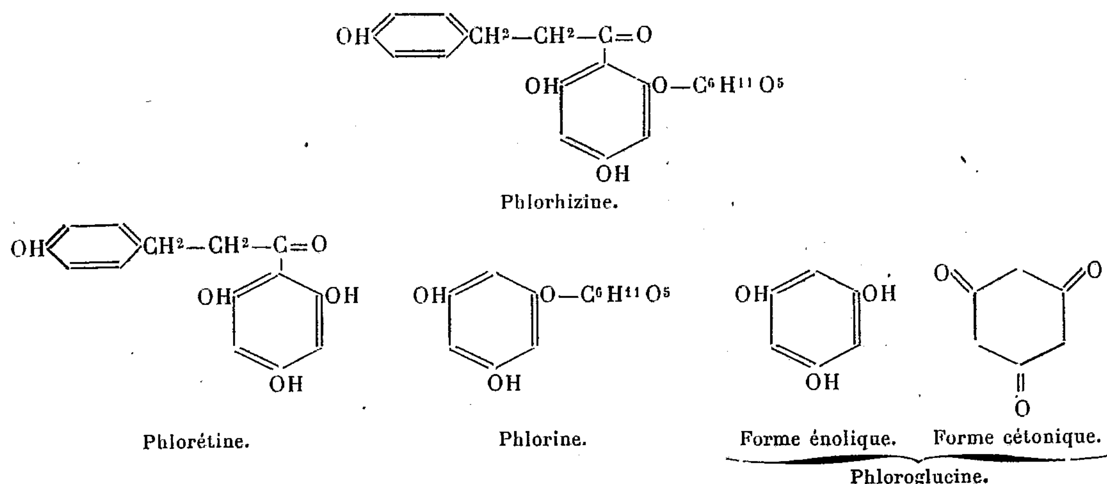
Ces valeurs sont obtenues avec une solution de phloroglucine M.$10^{-3}$, contenant un mélange de phosphates environ M/140.

*b. En solution alcoolique* la phloroglucine présente la forme cétonique. La courbe d'absorption, au fond continu, montre la présence d'un grand sommet pour 2692 Å, $\varepsilon = 440$ mais, en plus, la présence de trois petites bandes plus ou moins étroites pour

$$2767 \text{Å}, \quad \varepsilon = 193; \qquad 2733 \text{Å}, \quad \varepsilon = 346 \qquad \text{et} \qquad \pm 2550 \text{Å}, \quad \varepsilon = 166.$$

Ces clichés ont été mesurés au microphotomètre de Moll.

Des quatre substances apparentées étudiées jusqu'à présent (phlorhizine, phlorétine, phlorine et phloroglucine), la phloroglucine, molécule symétrique, présente la tautomérie céto-énolique la plus nette. Voici leurs formules de structure :




D'autres dérivés sont à l'étude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherche systématique des périodicités de précipitation par la méthode des deux gouttes.* Note de M<sup></sup>lle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Depuis la découverte, par Liesegang, du caractère périodique de la précipitation du chromate d'argent, d'autres périodicités de précipitation ont été enregistrées çà et là dans la littérature. On peut se proposer la

recherche générale de ces périodicités, dans une étude systématique d'ensemble.

Le procédé qui consiste à déposer une goutte de l'un des réactifs sur de la gélatine imprégnée de l'autre, et qu'on peut dénommer procédé d'attaque directe, ne saurait constituer un moyen d'investigation avantageux. L'incertitude où se trouve tout d'abord l'observateur des diverses conditions expérimentales à réaliser risque en effet de ne conduire qu'à une recherche longue et fastidieuse.

La méthode des deux gouttes a, sur la précédente, l'avantage de la symétrie et de la simplicité. Elle consiste à juxtaposer, à quelque distance l'une de l'autre, sur une couche de gélatine, des gouttes suffisamment concentrées des deux réactifs intéressés. Les gouttes diffusent individuellement, de telle sorte qu'après un temps suffisamment prolongé, c'est entre leurs auréoles de diffusion que se produit l'attaque mutuelle. L'aspect de la figure de réaction finalement obtenue fournit à l'interprétation un thème étendu. Notamment, si la réaction revêt un caractère périodique, ce caractère est susceptible de se trahir dans l'essai à deux gouttes par une répartition dentelée du précipité.

La méthode est bien illustrée, par exemple, par les stries rouge brique qui apparaissent dans l'essai à deux gouttes relatif à la réaction de Liesegang. Présentement, appliquée à un examen général comparé de l'action des chromates alcalins sur les sels métalliques, elle a permis de déceler, à propos des sels de zinc, une nouvelle périodicité de précipitation. Dans un tel essai, les stries jaunes provoquées par la confrontation d'un sel donné avec un chromate alcalin signalent la présence du zinc comme cation. Ce caractère analytique discrimine en particulier le zinc du cadmium.

Les résultats d'un essai à deux gouttes servent d'ailleurs de guide lorsqu'on entreprend, dans un but de contrôle, des expériences d'attaque directe. Par exemple, dans l'essai à deux gouttes concernant la réaction de Liesegang, l'arc de précipité dû à l'attaque des auréoles comprend dans sa concavité la goutte de bichromate de potassium. La circonstance se relie au fait que, dans l'attaque directe, les anneaux sont facilement obtenus quand le bichromate de potassium imprègne la gélatine et que le nitrate d'argent est déposé en goutte, tandis que leur réalisation devient beaucoup plus ardue par interversion des réactifs. En ce qui concerne d'autre part la réaction mutuelle des sels de zinc et des chromates alcalins, réaction dont il a été question ci-dessus, l'essai à deux gouttes conduit, pour des raisons

analogues, à faire jouer au sel de zinc le rôle de réactif-goutte. En opérant de cette manière, et dans les limites approximatives de concentration suggérées, elles aussi, par la considération de l'essai préliminaire à deux gouttes, on parvient à des anneaux de précipitation distribués à la manière de ceux de Liesegang et d'une extrême netteté.

Nous mentionnerons encore qu'outre ce dernier résultat, la méthode des deux gouttes a déjà permis de déceler un certain nombre d'autres périodicités, relatives notamment à la précipitation du chlorure mercurique par l'iodure de potassium et à la précipitation électrolytique de quelques matières colorantes ([1]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la chaleur de dilution des sels.* Note de Mlle **M. Quintin**, présentée par M. G. Urbain.

La détermination des chaleurs de dilution aux très faibles concentrations apporte une contribution importante à la connaissance de la structure des électrolytes. La méthode calorimétrique, telle qu'elle a été utilisée par E. Lange, est extrêmement délicate, car la sensibilité de l'appareil de mesure des températures doit atteindre $10^{-5}$ à $10^{-6}$ degré. Mais des résultats d'une précision analogue peuvent être obtenus, dans certaines conditions, en étudiant la force électromotrice (f. e. m.) d'une pile sans transport, dont le liquide est l'électrolyte considéré, et en appliquant la formule de Gibbs-Helmholtz.

Soit en effet E la f. e. m. d'une telle pile à la température T et pour une concentration $c$ de la solution.

On a, en désignant par $f$ le coefficient d'activité de l'électrolyte :

$$E = E_0 - \frac{\nu RT}{n\mathcal{F}} \operatorname{Log} cf. \tag{1}$$

Si l'on pose :

$$E'_0 = E + \frac{\nu RT}{n\mathcal{F}} \operatorname{Log} c, \tag{2}$$

la chaleur $-\Delta H$ de la réaction qui se produit lorsque le courant passe est, à la concentration $c$ considérée, donnée par :

$$-\Delta H = n\mathcal{F}\left(E - T\frac{\partial E}{\partial T}\right) = n\mathcal{F}\left(E'_0 - T\frac{\partial E'_0}{\partial T}\right). \tag{3}$$

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 781; **196**, 1933, p. 266.

La chaleur moléculaire partielle de dilution $\overline{L}_2$ correspondant au passage d'une molécule de la concentration $c$ à la concentration $c = 0$ est égale à

$$\overline{L}_2 = \Delta H_c - \Delta H_{c=0}. \tag{4}$$

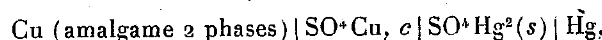
Par conséquent, si l'on peut, d'une part, déterminer avec assez de précision le coefficient de température $\partial E/\partial T$ et, d'autre part, obtenir, par une extrapolation légitime, la valeur de $\Delta H$ à dilution infinie, les mesures de f. e. m. permettent d'atteindre les chaleurs de dilution.

Or, en combinant les équations (1), (2), (3) et (4), on démontre que

$$\overline{L}_2 = -\nu RT^2 \frac{\partial \operatorname{Log} f}{\partial T}, \tag{5}$$

relation qui permet de confronter les valeurs expérimentales obtenues avec celles calculées en utilisant pour $\operatorname{Log} f$ l'expression donnée par Debye.

Ayant étudié antérieurement ([1]) la chaîne :


Cu (amalgame 2 phases) | $SO^4Cu$, $c$ | $SO^4Hg^2(s)$ | Hg,

et montré, d'autre part ([2]), que l'extrapolation à dilution infinie de la chaleur de la réaction :


$Cu + SO^4Hg^2(s) = SO^4Cu$ (diss. à conc. $c$) + Hg,

peut être faite en toute rigueur, j'ai calculé la chaleur partielle de dilution $\overline{L}_2$ du sulfate de cuivre par la relation (4) et la chaleur intégrale de dilution

$$V_c = \frac{1}{c} \int_0^c \overline{L}_2 \, dc,$$

par intégration graphique à partir de la courbe $\overline{L}_2 = \varphi(c)$. Les résultats obtenus sont donnés ci-dessous :

| $c$ (mol-g/litre). | $-\Delta H$ (cal-g/mol-g). | $\overline{L}_2$ (cal-g/mol-g). | $V_c$ (cal-g/mol-g). |
|---|---|---|---|
| 0,525 | 22.050 | 3390 | 3150 |
| 0,105 | 21.890 | 3250 | 2810 |
| 0,02625 | 22.250 | 2610 | 1800 |
| 0,105 | 20.520 | 1880 | 940 |
| 0,00525 | 19.570 | 930 | 460 |
| 0,00105 | 18.830 | 190 | 90 |
| 0 | 18.640 | 0 | 0 |

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p 473 et 538; *J. Chim. phys.*, **30**, 1933, p. 319.

([2]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 718.

La courbe représentant les variations de $\overline{L}_2$ en fonction de $\sqrt{8c}$ a l'allure prévue par la théorie de Debye, c'est-à-dire que : 1° pour les fortes concentrations, elle tend rapidement vers une limite; 2° la tangente, à l'origine, a la pente voulue (pour $c=0$, $\overline{L}_2 \rightarrow 2028\sqrt{8c}$). Mais, contrairement à la courbe théorique, elle présente un point d'inflexion net vers les grandes dilutions.

Les valeurs de $V_c$ données dans la 4e colonne sont supérieures à celles trouvées calorimétriquement par E. Plake (¹). Mais il faut noter que La Mer (²) a observé un écart analogue pour les chaleurs de dilution du sulfate de cadmium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le sulfoaluminate de calcium et le chloroaluminate de calcium hydratés.* Note (³) de M. **Jacques Lefol**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'avais examiné (⁴) la déshydratation des aluminates de calcium par la méthode de M. Guichard. Ce procédé consiste à chauffer la substance à température régulièrement croissante et à mesurer les variations de poids, dues au départ de l'eau, à l'aide d'une balance à compensation hydrostatique.

J'ai employé de nouveau ce procédé pour étudier la déshydratation des sels doubles :

$Al^2O^3.3CaO.3SO^4Ca.30H^2O$ découvert par Candlot (⁵),
$Al^2O^3.3CaO.CaCl^2.10H^2O$ découvert par Friedel (⁶).

Les résultats suivants ont été obtenus :

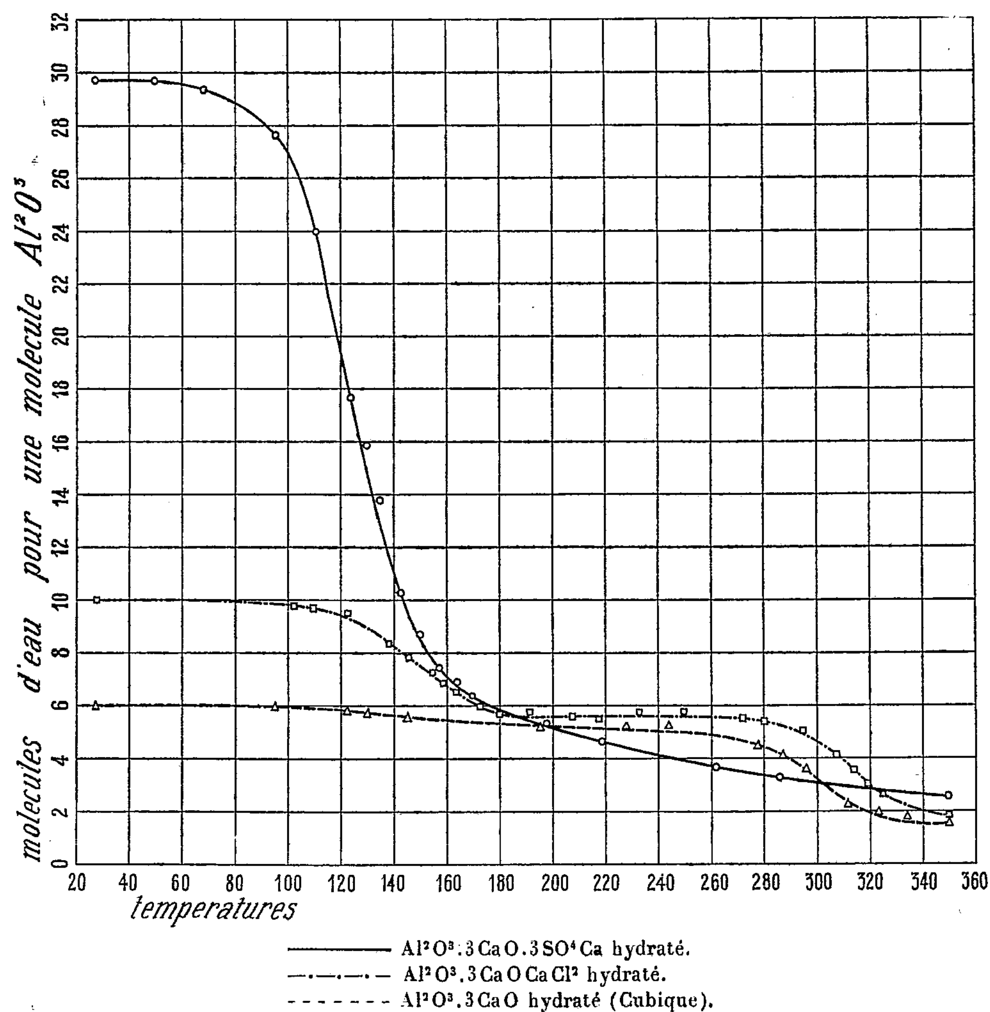
1° Pour le sulfoaluminate de calcium hydraté, on observe sur la courbe la dissociation rapide de l'hydrate à $30H^2O$.

Vers 150°, il y a un ralentissement de la déshydratation. Bien que la bri-

(¹) *Z. Physik. Chem.*, 162, (A), 1932, p. 257.
(²) V. K. La Mer et W. G. Parks, *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 4343.
(³) Séance du 14 mai 1934.
(⁴) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 919.
(⁵) *Ciments et chaux hydrauliques*, Paris, 1898, p. 331.
(⁶) *Bull. Soc. franç. Minéral.*, 20, 1897, p. 122.

sure ne soit pas très nette, on peut en déduire l'existence d'un hydrate peu stable à $7 H^2O$.

Ce résultat a été confirmé en maintenant pendant 3 heures et demie le sel de Candlot à 145°. Après 50 minutes de chauffage, le nombre de molé-




cules d'eau se fixe aux environs de 7 et reste à ce point durant toute la suite de l'expérience.

Ce résultat concorde avec celui obtenu par Lerch, Ashton et Bogue [1].

---

[1] Lerch, Ashton et Bogue, *Bureau of Standards, Research Papers* n° 54, 1929.

Ces auteurs étaient partis d'un sulfoaluminate contenant 31$^{mol}$ d'eau. Ils ont remarqué qu'en le chauffant à 110° il perdait $24 H^2O$.

2° Pour le chloroaluminate de calcium hydraté, on constate sur la courbe la stabilité de l'hydrate initial, qui ne commence à se dissocier qu'aux environs de 120°. On remarque, vers 175°, la formation d'un hydrate à $6 H^2O$ ne se décomposant qu'à 280°.

Ce résultat est à rapprocher de celui obtenu par Friedel, qui, en chauffant $Al^2O^3 . 3CaO . CaCl^2 . 10H^2O$, a observé que 4$^{mol}$ d'eau nettement distinctes s'éliminent lentement à l'étuve à 105° et qu'en portant ensuite l'hydrate obtenu à 175°-180°, le poids ne varie pas.

A 320° la déshydratation se ralentit et à 350° il reste un peu moins de 2$^{mol}$ d'eau.

J'ai reporté sur le graphique la courbe de la déshydratation de l'aluminate tricalcique cubique hydraté de Thorvaldson (1). Pour les températures supérieures à 180°, elle se rapproche de celle du chloroaluminate. On est donc conduit à supposer qu'au cours de la déshydratation, le sel double se décompose en donnant un mélange de chlorure de calcium et d'aluminate tricalcique cubique.

Effectivement, dans le produit chauffé durant 4 heures à 290° et à des températures supérieures, du chlorure de calcium libre a pu être mis en évidence par sa solubilité dans l'eau de chaux.

Dans le cas du sulfoaluminate de calcium hydraté, je n'ai pas trouvé, quelle que soit la température de calcination, de sulfate de calcium soluble dans l'eau de chaux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Appareil enregistreur pour l'étude des réactions en températures régulièrement variables*. Note de M. **Pierre Vallet**, présentée par M. G. Urbain.

*Principe*. — Le dispositif réalisé permet d'enregistrer simultanément, sur la même plaque, les variations de la masse d'une substance en fonction de sa température (courbe I des figures) et les variations de sa température en fonction du temps (courbe II des figures), dont M. M. Guichard (2) a montré tout l'intérêt.

*Description*. — On éclaire fortement une ouverture O (*fig*. 1) placée au foyer objet d'une lentille convergente L.

(1) Thorvaldson et Grace, *Canadian Journ. Research*, 1, 1929, p. 36.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 62 à 67 et 381 à 389.

Une partie du faisceau émergent, parallèle et horizontal, tombe sur un miroir B solidaire d'une tige T, perpendiculaire au faisceau lumineux et passant par l'axe d'oscillation du fléau d'une balance. Le miroir B est incliné à 45° quand le fléau est à sa position d'équilibre. La lumière arrive verticalement sur un miroir M incliné à 45° qui la renvoie horizontalement et perpendiculairement à sa direction initiale à la sortie de L.

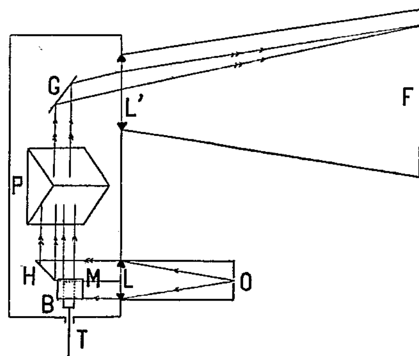


Fig. 1.

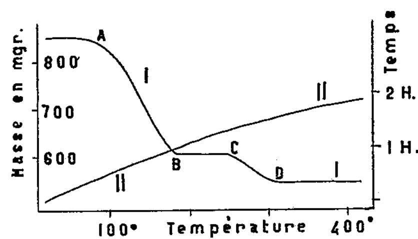


Fig. 2.

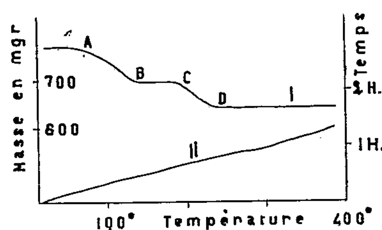


Fig. 3.

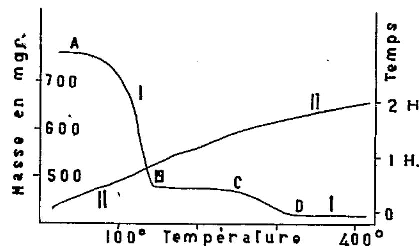


Fig. 4.

La lumière est reçue par un prisme de Lissajous P, tombe sur le miroir G d'un galvanomètre, puis sur une lentille L′ qui la converge en une image ponctuelle sur une plaque photographique F, disposée dans son plan focal image.

L'autre partie du faisceau tombe sur un miroir plan H vertical, fixé à l'axe vertical d'un mouvement d'horlogerie et qui envoie la lumière sur le prisme P, comme le miroir M précédent y renvoyait la première partie du faisceau. Le trajet de la lumière est alors analogue et, finalement, on obtient une deuxième image ponctuelle sur la plaque F.

*Mode opératoire.* — La substance est chauffée dans un four électrique à résistance dont la température s'élève régulièrement. Cette température est repérée au moyen d'un couple thermoélectrique relié au galvanomètre de l'appareil. Le miroir G tourne alors et déplace horizontalement les deux images sur la plaque F.

L'ascension régulière de la température a été réalisée grâce au rhéostat à résistance régulièrement décroissante que j'ai imaginé et utilisé antérieurement ([2]).

---

([2]) Diplôme d'études supérieures, n° 355, 1928, Paris; et *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1074.

La substance est placée dans un creuset, aussi large que profond. Le creuset est suspendu par un long fil à l'un des étriers d'une balance. A l'autre étrier pend un flotteur cylindrique plongeant dans l'huile de vaseline contenue dans une éprouvette cylindrique : ce dispositif a l'avantage d'amortir le mouvement de la balance et de permettre une modification importante et immédiate de la sensibilité.

Quand la masse de la substance varie le fléau s'incline d'un angle proportionnel, entraînant le miroir B. Le faisceau réfléchi par B tourne dans un plan vertical puis, après réflexion sur M, dans un plan horizontal. Après le prisme P le faisceau lumineux décrit un plan vertical et balaye le miroir G. La première image subit donc un déplacement vertical proportionnel à la variation de masse de la substance. Cette première image enregistre les variations de la masse de la substance (ordonnée) en fonction de sa température (abscisse).

Le miroir H, entraîné par un mouvement d'horlogerie, fait tourner le faisceau réfléchi d'un mouvement uniforme dans un plan horizontal. A sa sortie du prisme P le faisceau se déplace dans un plan vertical et balaye le miroir G. La deuxième image subit un déplacement vertical proportionnel au temps. Cette deuxième image trace sur F la courbe température (abscisse), temps (ordonnée) (1).

*Résultats.* — J'ai éprouvé cet appareil, en reprenant la déshydratation de quelques hydrates salins, étudiée par d'autres méthodes.

$SO^4Cu + 5H^2O$ (*fig.* 2). — Ce sel, chauffé dans un courant d'air sec, s'est décomposé entre 80° et 180° (de A à B, courbe I) en donnant le monohydrate qui s'est transformé en sel anhydre entre 240° et 300° (de C à D).

$3SO^4Cd + 8H^2O$ (*fig.* 3). — Ce sel, partiellement effleuri ($SO^4Cd$ et $2{,}42H^2O$), s'est décomposé en courant d'air sec, entre 50° et 120° (de A à B, courbe I). Le monohydrate obtenu a donné le sel anhydre entre 120° et 190° (de C à D).

$SO^4Zn + 7H^2O$ (*fig.* 4). — Ce sel, partiellement effleuri ($SO^4Zn$ et $6{,}67H^2O$) s'est décomposé dans un courant d'air sec, entre 80° et 140° (de A à B, courbe I). Le monohydrate obtenu s'est transformé en sulfate anhydre entre 240° et 310° (de C à D).

*Remarque.* — Ces déshydratations, effectuées dans l'air sec, à la pression atmosphérique, en températures assez rapidement croissantes (200° à l'heure environ) ont donné des températures de début et de fin de réaction plus élevées que celles qui ont été obtenues par des méthodes différentes (2).

---

(1) J'ai utilisé l'appareil enregistreur imaginé par MM. H. Le Chatelier et W. Broniewski (*Revue de Métallurgie*, 9, 1912, p. 133). La tige T du fléau de la balance pénètre par la fenêtre réservée, par les auteurs, à un dilatomètre.

(2) Par exemple, L. Hackspill et A. P. Kieffer, *Ann. Chim.*, 10e série, 14, 1930, p. 227.

Elles n'ont pas donné tous les hydrates obtenus antérieurement par décomsition thermique des mêmes corps : hydrates que des vitesses de chauffage plus faibles révéleraient probablement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dégradation de l'amidon sous l'action de l'acide phosphorique, du glycérol et de l'anhydride acétique en présence d'acide sulfurique (acétolyse).* Note de M. **R. Sutra**, présentée par M. G. Urbain.

L'amidon se dissout dans l'acide orthophosphorique de densité 1,71; la dissolution se fait à la température du laboratoire et elle est complète au bout de vingt-quatre heures environ.

La solution est parfaitement limpide et ne présente pas d'opalescence comme les empois d'amidon ou les amidons solubles dans l'eau; elle fournit avec l'iode la coloration bleue spécifique, chauffée au bain-marie la teinte donnée par l'iode devient violette, rouge, puis incolore.

Les concentrations employées ont été de $20^g$ d'amidon naturel (fécule ou maïs) dans $100^{cm^3}$ d'acide orthophosphorique de densité 1,71 (85 pour 100 euviron de $PO^4H^3$) et de 1 à $2^g,5$ dans $100^{cm^3}$ d'acide; la solution concentrée a été utilisée en vue d'obtenir le produit de transformation de l'amidon par l'action de l'acide phosphorique et les solutions diluées ont servi à l'étude des pouvoirs rotatoires.

Pour préparer l'amidon transformé de ses solutions phosphoriques il suffit d'ajouter de l'alcool en quantité suffisante, l'amidon précipite et est lavé successivement à l'alcool puis à l'éther; aprés cette purification il ne renferme pratiquement plus d'acide phosphorique.

La poudre obtenue se dissout dans l'eau en donnant une solution opalescente; elle ne fournit pas d'empois et n'est que très faiblement réductrice à la liqueur cupropotassique.

Pour l'étude des pouvoirs rotatoires il n'est pas possible d'opérer avec des solutions trop concentrées; car celles-ci deviennent trop colorées, ce qui rend très difficile la lecture de la déviation.

Les pouvoirs rotatoires observés sont en moyenne $[\alpha]_{578} = +206^\circ$ et $[\alpha]_{542} = +380^\circ$; les valeurs données pour le pouvoir rotatoire spécifique de l'amidon dans l'eau sont comprises entre $+198^\circ$ à $+220^\circ$ pour la raie D du sodium.

On retrouve donc approximativement le même pouvoir rotatoire spécifique dans l'acide phosphorique que dans l'eau; dans le cas de l'acide la

limpidité des solutions permet d'étudier la dispersion rotatoire de l'amidon.

Le pouvoir rotatoire décroît rapidement si l'on chauffe au bain-marie les solutions phosphoriques d'amidon; dans ce cas il y a dégradation et hydrolyse de l'amidon. A la température du laboratoire le pouvoir rotatoire spécifique ne varie pratiquement pas : + 201° au lieu de + 206° après une semaine.

L'ensemble de ces caractères montre que l'action de l'acide phosphorique rappelle celle du glycérol.

K. Zulkowski (1) a en effet montré qu'une solution d'amidon faite dans le glycérol à la température de 200° donne un amidon soluble par précipitation avec l'alcool, le pouvoir rotatoire spécifique de cet amidon est voisin de + 200°.

A. Pictet (2) et ses collaborateurs ont continué cette étude et ont décrit un certain nombre d'hexosanes de faible poids moléculaire préparées en prolongeant le temps de chauffage, les pouvoirs rotatoires de ces hexosanes sont inférieurs à celui de l'amidon.

Ces résultats ont été confirmés par E. Berner et R. Petersen (3) mais une analyse plus approfondie de ces auteurs a montré que les hexosanes ainsi obtenues contiennent toujours en faible proportion du glycérol et de l'alcool provenant de la préparation. En tenant compte de ces impuretés de faible poids moléculaire, la détermination par cryoscopie du poids moléculaire des hexosanes ne donne qu'un nombre apparent.

Ainsi pour l'hexahexosane $(C^6H^{10}O^5)^6 = 972$ le poids moléculaire apparent trouvé est 983 et en tenant compte de l'influence des impuretés le poids moléculaire vrai est de l'ordre de 20 000.

Ces expériences sur la dégradation de l'amidon étant importantes pour la constitution de l'amidon, il était nécessaire de reprendre cette étude et de savoir si les observations de Berner et Petersen étaient justifiées.

L'expérience a montré, comme l'avait indiqué Pictet, qu'il y avait bien dégradation et variation du pouvoir rotatoire; mais, tous les dérivés obtenus renfermaient de l'alcool et du glycérol, par suite il n'était pas possible de tenir compte des résultats de la cryoscopie.

La dégradation de l'amidon par le glycérol ne conduit donc pas à des

---

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 13, 1880, p. 1395.

(2) *Rapports sur les hydrates de carbone (glucides). Dixième conférence de l'Union internationale de Chimie*. Paris, 1930, p. 122.

(3) *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 687.

hexosanes de faible poids moléculaire, mais à des dextrines non réductrices de grand poids moléculaire.

La dégradation obtenue par acétolyse en faisant varier la quantité d'acide sulfurique donne lieu à la production de dextrines non réductrices avant hydrolyse.

Pour une faible proportion en acide sulfurique, il y a formation presque exclusive d'acétates de dextrines non réductrices; pour une teneur plus élevée, on observe un mélange d'acétates de dextrines réductrices et non réductrices, finalement, pour une concentration suffisante en acide, il n'y a plus que des acétates de dextrines réductrices.

La séparation des acétates est réalisée par l'alcool méthylique qui dissout les acétates de dextrines réductrices ([1]).

Au point de vue de la constitution de l'amidon l'hypothèse la plus simple pour expliquer ces faits expérimentaux est d'admettre que l'amidon est constitué par une longue chaîne de groupements glucosidiques qui se referme sur elle-même; ceci est en accord avec les possibilités qu'offrent les modèles de W. N. Haworth ([2]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des organomagnésiens sur les cétoximes.* Note de M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Delépine.

Au cours d'une étude sur l'absorption des oximes dans l'ultraviolet, M[mes] Ramart et Grumez ([3]) ont constaté qu'il existe une différence notable entre l'absorption des oximes des acétophénones mono et disubstituées d'une part, et les oximes des acétophénones trisubstituées d'autre part.

Elles attribuèrent aux premières la formule (I) et aux secondes, la formule (II), proposée depuis longtemps par Beckmann. A ces structures différentes doivent nécessairement correspondre des propriétés chimiques différentes.

En vue d'apporter une contribution à l'étude des propriétés chimiques des oximes de chacune de ces séries, j'ai fait agir le bromure de phényle et

([1]) R. Sutra, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1608.

([2]) *Rapports sur les hydrates de carbone (glucides). Dixième Conférence de l'Union internationale de Chimie*, Paris, 1930, p. 33. Voir également R. Sutra, *Le problème de la constitution de l'amidon. Les différents aspects de la question* (*Actualités scientifiques et industrielles*, Paris, 1934).

([3]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 753.

le bromure d'éthylmagnésium sur la propiophénonoxime et la diméthyl-*n*-butylacétophénonoxime. J'ai de plus étudié l'action des mêmes organomagnésiens sur l'oxime de la benzophénone fondant à 143°, et qui, d'après l'analyse spectrale, possède la formule (I).

L'action des organomagnésiens sur les oximes avait jusqu'ici été peu étudiée. Busch et Hobein [1] abordèrent l'étude de l'action du réactif de Grignard sur quelques aldoximes et cétoximes. Ils signalent seulement les résultats qu'ils ont obtenus en condensant $C^6H^5MgBr$ avec les syn- et antibenzaldoximes, ainsi qu'avec leurs éthers *o*-méthyliques.

Dans cette Note, j'exposerai les résultats obtenus par action du bromure de phénylmagnésium et du bromure d'éthylmagnésium sur l'oxime de la propiophénone. Au cours de mes essais, j'ai reconnu que seul un très grand excès de réactif était susceptible de faire entrer en réaction la majeure partie de la propiophénoxime mise en œuvre.

En faisant agir $5^{mol}$ $C^6H^5MgBr$ sur $1^{mol}$ de propiophénoxime, j'ai obtenu à côté d'un peu de propiophénone et de matière première n'ayant pas réagi un mélange de produits basiques et indistillables, constitué par :

1° un peu d'aniline, identifiée par le point de fusion de son dérivé benzoylé (P. F. 163°) et sa phénylurée (P. F. 223°); 2° une base fondant à 103°, de formule $C^{15}H^{17}ON$ (chlorhydrate, P. F. 258°; dérivé benzoylé, P. F. 189°). Signalons que, dans certains cas, je n'ai pas obtenu cette substance; 3° une base fondant à 74° dont la formule ($C^{15}H^{15}N$) ne diffère du produit précédent que par $H^2O$ en moins (chlorhydrate, P. F. 170-175°, phénylurée, P. F. 149°).

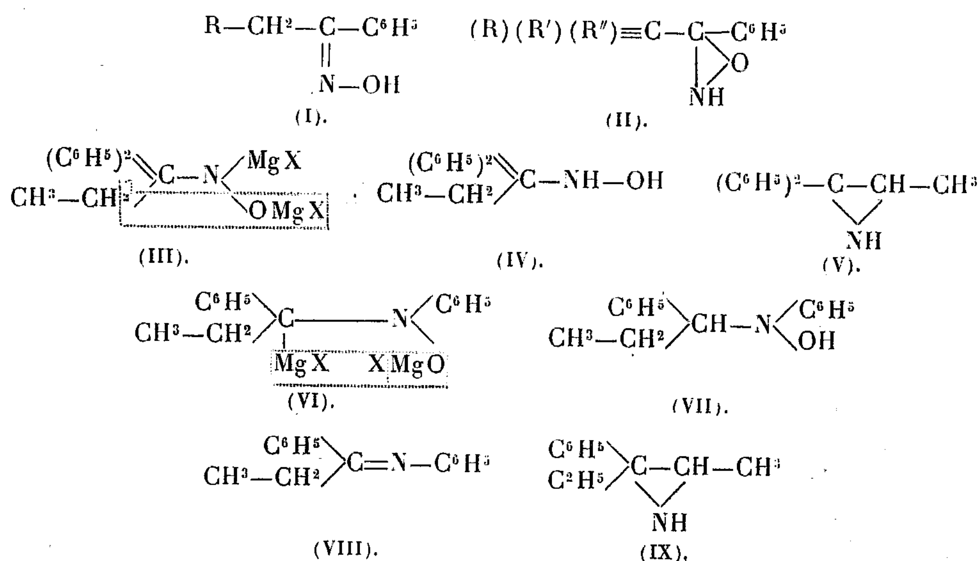
La composition centésimale de la base fondant à 103° correspond à l'addition d'un groupe $C^6H^5$ et d'un H sur la propiophénoxime. L'action de $2^{mol}$ $C^6H^5MgBr$ sur cette oxime peut donner deux complexes isomères (III et VI) suivant que le radical phényle se fixe sur le carbone ou sur l'azote de la fonction oxime.

Les complexes (III et VI) par hydrolyse donneraient respectivement les hydroxylamines (IV et VII), dont la formule brute correspondrait à celle de la base fondant à 103°. Or, l'hydroxylamine (VII) est connue, elle fond à 127°, il s'ensuit que la base fondant à 103° doit posséder la structure (IV), qui est celle d'un diphényl-1.1-hydroxylamino-1-*n*-propane.

Pour expliquer la formation de la base $C^{15}H^{15}N$, on peut admettre une dissociation des complexes (III et VI), suivant les schémas donnés. (III) con-

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 40, 1907, p. 2096.

duirait, après hydrolyse, à (V et VI), donnerait (VIII) (V et VIII possèdent la formule $C^{15}H^{15}N$). La formule (VIII) doit être écartée, le produit qu'elle représente est connu, il fond à 52°, de plus, l'examen spectral indique avec certitude que les groupes $C^6H^5$ ne sont liés qu'à des atomes saturés.



Chauffée pendant 20 heures environ avec ClH, à 20 pour 100, la base, P. F. 74°, se transforme intégralement en diphénylacétone $(C^6H^5)^2CH.CO.CH^3$ dissym. P.F. 61° (oxime, P. F. 164°; semi-carbazone P. F. 165°). Hydrogénée avec Na et alcool abs., elle fournit exclusivement du diphényl-1.1-amino-2-propane $(C^6H^5)^2CH\text{-}CH(NH^2)CH^3$. Ce n'est pas une cétimine, car elle ne réagit ni avec l'hydroxylamine, ni avec la semi-carbazide. L'ensemble de ces faits me conduit à attribuer à cette base la formule (V), qui est celle d'un diphényl-1.1-imino-1.2-propane et qui rend parfaitement compte de ces propriétés.

La présence de l'aniline dans les produits de la réaction s'explique aisément si l'on admet la formation d'une petite quantité du complexe (VI), qui fournirait à l'hydrolyse le dérivé aniliné de la propiophénone (VIII). Ce dérivé aniliné, peu stable, se dédouble en aniline et propiophénone au cours des traitements auxquels on soumet les produits de la réaction.

Pour interpréter l'action de ClH sur le diphényl-1.1-imino-1.2-propane, on peut supposer, soit une isomérisation en cétimine, soit une hydratation en aminoalcool, lequel instable dans les conditions expérimentales, se transforme en cétone par élimination d'ammoniaque.

Le $C^2H^5MgBr$ réagit de la même façon mais plus complètement que $C^6H^5MgBr$ sur la propiophénoxime. Il fournit uniquement du phényl-3-imino-2.3-pentane (IX) P. E. 102° sous 13$^{mm}$ (R[t] 60 pour 100). Chlorhydrate P. F. 180°-185°. Phénylurée P. F. 11°. Picrate P. F. 135-136° (avec 1$^{mol}$ $C^6H^6$). Cette base n'est pas transformée en cétone par action de ClH.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Des relations de structure qui doivent exister entre deux substances* A *et* B *pour que* B *modifie le faciès des cristaux de* A; *nouveaux exemples.* Note de M. **L. Royer**, présentée par M. F. Wallerant.

J'ai établi ([1]) qu'une substance B dissoute dans une solution d'une autre substance A peut modifier le faciès des cristaux de A abandonnés par cette solution s'il existe entre les cristaux de A et de B des relations de structure bien définies.

Ces conclusions, déjà étayées sur les faits expérimentaux décrits dans une autre Note ([2]), reçoivent en outre une confirmation nouvelle dans les exemples ci-dessous.

1. Le chlorure de potassium KCl cristallise, à partir d'une solution dans l'eau pure, en cristaux présentant les faces du cube $p(100)$. Par contre, en ajoutant à la solution aqueuse de KCl du chlorure de plomb $PbCl^2$, les cristaux de KCl qui se déposent ont changé de faciès : ils sont limités par les faces de l'octaèdre $a^1$ (111) ([3]).

Or, le chlorure de plomb cristallisé, de symétrie orthorhombique, possède les paramètres absolus suivants dans les directions [100], [010] et [001] : 4,49 Å; 7,66 Å et 9,15 Å. Le réseau de son plan $p(001)$ est donc défini par un rectangle de côtés 4,49 Å et 7,66 Å. Le rapport de ces deux côtés 7,66/4,49 étant sensiblement égal à $\sqrt{3}$, il s'ensuit que ce réseau plan de $p(001)$ est pseudo-sénaire.

Le chlorure de potassium a, suivant les faces de l'octaèdre $a^1$ (111), un réseau sénaire qui peut être défini par un rectangle de côtés 4,37 Å et $4,37 . \sqrt{3}$ Å $= 7,47$ Å.

---

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 185.
([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 585.
([3]) Retgers, *Zeitschr. f. physik. Chem.*, 9, 1892, p. 267.

C'est cette quasi-identité en forme et en dimensions des réseaux des plans $p(001)$ de $PbCl^2$ et $a^1(111)$ de KCl qui fait qu'en présence de $PbCl^2$ les cristaux de KCl se déposent sous forme d'octaèdres $a^1(111)$ et non plus en cubes comme ils le font en l'absence de $PbCl^2$.

Les conditions sont analogues dans le cas de KBr et de $PbBr^2$. Le bromure de plomb, orthorhombique, a un plan $p(001)$ pseudo-sénaire avec une maille rectangle de côtés 4,70 Å et 7,99 Å tandis que les faces de l'octaèdre $a^1(111)$ de KBr ont un réseau qui renferme des rectangles de côtés 4,69 Å et 8,05 Å. Il n'est donc pas surprenant que KBr, qui donne à partir d'une solution dans l'eau pure des cubes, abandonne à partir d'une solution renfermant du bromure de plomb des octaèdres.

De même l'iodure de potassium KI cristallise en octaèdres en présence d'iodure de plomb $PbI^2$ tandis qu'à partir d'une solution de KI dans l'eau pure on obtient des cubes.

$PbI^2$ est sénaire et possède dans le plan $p(0001)$ une maille sénaire de côté 4,54 Å tandis que KI a dans le plan $a^1(111)$ une maille sénaire de côté 5,00 Å.

2. Les deux sels NaCl et KCl cristallisent à partir d'une solution dans l'eau pure en cristaux présentant la forme du cube. Si, par contre, la solution renferme une quantité suffisante de chlorure mercurique $HgCl^2$, l'un et l'autre de ces deux sels abandonnent des cristaux constitués par la combinaison du cube $p(100)$ et du dodécaèdre rhomboïdal $b^1(110)$.

La présence de $HgCl^2$ dans une solution aqueuse de NaCl ou de KCl a donc pour effet de faire apparaître sur les cristaux correspondants les faces de $b^1(110)$. On en voit de suite la raison.

$HgCl^2$, de symétrie orthorhombique, possède suivant les directions [100], [010] et [001] les paramètres $a = 4,30$ Å ; $b = 5,93$ Å et $c = 12,67$ Å. Or ces paramètres sont tels que l'on a sensiblement $b = a\sqrt{2}$. (5,93 Å au lieu de 6,06 Å).

On sait d'autre part que dans NaCl et KCl les faces $b^1(110)$ ont un réseau défini par une maille rectangle dont les côtés sont dans le rapport de $\sqrt{2}$ à 1.

En plus la valeur du paramètre $b = 5,93$ Å de $HgCl^2$ est intermédiaire entre celle du paramètre 5,63 Å de NaCl et 6,20 Å de KCl.

La maille rectangle du plan $p$ (001) de $HgCl^2$ (côtés 4,30 Å et 5,93 Å) est à la fois quasi identique en forme et en dimensions à la maille rectangle

des plans $b^1(110)$ de NaCl (côtés 3,97 Å et 5,63 Å) et KCl (côtés 4,30 Å et 6,20 Å).

Ces conditions expliquent le fait que $HgCl^2$ fait paraître sur les cristaux de NaCl et KCl les faces de $b^1(110)$.

3° Le chlorure d'ammonium AmCl se dépose à partir d'une solution dans l'eau pure en cubes; si l'on ajoute à la solution de AmCl une certaine proportion de chlorure d'aluminium $AlCl^3$, les cristaux déposés de AmCl prennent la forme d'octaèdres.

Cette action de $AlCl^3$ sur le faciès des cristaux de AmCl tient au fait que ces deux substances, $AlCl^3$ et AmCl, tout en étant de structure et de symétrie différentes, possèdent chacune un plan qui est quasi identique dans les deux espèces.

En effet, le plan $a^1(111)$ de AmCl, cubique, est défini par une maille hexagonale de côté 5,44 Å; $AlCl^3$ est sénaire et possède dans le plan $p(0001)$ une maille hexagonale multiple de côté 5,93 Å.

GÉOLOGIE. — *Sur l'appauvrissement de la nappe des sables verts de la région parisienne.* Note [1] de MM. **Paul Lemoine, R. Humery** et **R. Soyer.**

Pour s'alimenter en eau, municipalités, concessionnaires et particuliers de la région parisienne ont exécuté de nombreux forages jusqu'à la nappe des sables verts albiens.

En 1925, il n'existait que 9 puits en fonction (5 dans la Seine, 4 en Seine-et-Oise). En avril 1934, on connaît 25 puits profonds : 11 dans la Seine, 14 en Seine-et-Oise. En outre 6 ouvrages s'exécutent, dont 3 seront achevés prochainement. Tous sont dans le synclinal de la Seine, sauf ceux d'Orsay et de Viry-Châtillon, situés dans le synclinal de l'Eure.

Les eaux de la nappe albienne sont pures, abondantes et sous pression. Trois avantages hygiéniques et économiques qui ont fait naître le projet de multiplier les sondages, comme si le débit et la pression de la nappe étaient hors d'atteinte. Or, il n'en est rien.

Toute nappe artésienne contient en effet :

1° une réserve séculaire ou géologique;

---

(1) Séance du 14 mai 1934.

2° un apport saisonnier ou actuel (pluie, infiltration des cours d'eau, appoint d'autres nappes).

Réserve et débit sont inconnus et les calculs donnent des résultats très différents, selon les hypothèses simplificatrices choisies.

Les sables verts sont d'ailleurs de structure variable, ainsi que la position et même le nombre des zones aquifères. Les forages anciens n'ont guère atteint que les nappes supérieures (Grenelle, Passy, la Butte-aux-Cailles en 1904). Les puits récents captent les eaux de toutes les zones aquifères (Blomet, Aulnay-sous-Bois, Villemomble, etc.).

Il exite donc deux séries de niveaux statiques correspondant à deux séries de nappes :

I. Grenelle, 1841 (+ 128$^m$); Passy, 1861 (+ 92$^m$); Butte-aux-Cailles, 1861 (+ 89$^m$); Noisy-le-Grand, 1934 (+ 55$^m$,75).

II. Maisons-Laffitte, 1909 (+ 78$^m$); Poissy, 1931 (+ 69$^m$); Aulnay-sous-Bois, 1933 (+ 63$^m$,90); Villemomble, avril 1934 (+ 60$^m$); Butte-aux-Cailles, mai 1934 (+ 54$^m$).

Le niveau statique de Grenelle a été calculé à + 128$^m$. L'influence d'un puits nouveau sur l'ensemble des puits antérieurs a été démontrée par Belgrand : après creusement du puits de Passy, le niveau de celui de Grenelle est ramené à + 109.

Dans le récent puits de Villemomble, le niveau statique s'est établi à + 60$^m$. Mais aux essais, un pompage de 6000$^{mc}$/jour a abaissé le plan d'eau à 43,60.

Le puits de la Butte-aux-Cailles, achevé en 1904, donnait 2500$^{mc}$/j à la cote + 75$^m$, fond à 15$^m$,20 des argiles du Gault. Mais son débit n'avait cessé de diminuer et le plan d'eau était tombé, fin 1933, à la cote + 51$^m$. Nettoyé, approfondi de 60$^m$, à travers tous les sables verts, et parfaitement retubé, il a repris son niveau statique à + 54$^m$, sans cependant être à nouveau jaillissant.

*Ainsi, en 93 ans, le niveau hydrostatique a baissé de 74 mètres* dans le synclinal de la Seine.

Tout nouveau puits réagit sur le débit de ses voisins : le puits Blomet passe de 2600$^{mc}$/j en 1929 à 835$^{mc}$/j; Poissy, de 8000$^{mc}$/j à 6000; Aulnay-sous-Bois, qui en octobre 1933 débitait 6100$^{mc}$/j à la cote 44,50, s'abaisse à 5500$^m$ deux jours après la mise en service de Noisy-le-Grand, puis à 4800$^m$ après la mise en service de Villemomble. Le puits du Pecq voit son débit tomber de 7400$^{mc}$/j (en décembre 1931) à 5400$^{mc}$/j (en janvier 1934).

Comme le débit est fonction de la pression hydrostatique, on peut prévoir qu'au delà d'un certain nombre limite l'ouverture d'un nouveau puits, abaissant le niveau statique général, diminuerait le débit de l'ensemble. La baisse de pression peut même rendre inexploitables certains puits anciens.

Niveau statique plus bas, débit amoindri, telles sont les conséquences de la multiplication excessive des puits artésiens. Quand les forages en cours seront terminés, la situation se sera encore aggravée.... Il est donc nécessaire d'étudier le problème d'ensemble sous son double aspect technique (réalimentation de la nappe) et juridique (autorisation, limitation, responsabilité) sous peine d'exposer les puits actuels à ne plus pouvoir assumer leur service, indispensable aux besoins de la région parisienne.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les idioblastes dans la famille des Crassulacées.* Note de M. **Mieczyslaw Proner**, présentée par M. Molliard.

En se basant sur les résultats de l'examen de 43 espèces de plantes de la famille des Crassulacées, j'ai constaté que la présence des idioblastes spécifiques est caractéristique pour toutes les six sous-familles de la famille des Crassulacées.

Les idioblastes ne paraissent que dans les feuilles ainsi que dans les tiges. Dans les feuilles, ils sont lacalisés surtout dans l'épiderme, sous l'épiderme et autour des faisceaux cribro-vasculaires. Dans la tige, ils se trouvent dans l'épiderme, sous l'épiderme et dans les couches sous-jacentes, dans le péricycle, dans le parenchyme libéroligneux, enfin dans la moelle. Cette localisation est liée probablement aux fonctions physiologiques des idioblastes, que j'envisage ci-après.

Les idioblastes sont des cellules vivantes, à membrane non différenciée, protoplasme périphérique et à grande vacuole fortement réfringente; ils contiennent des chloroplastes plus petits, plus clairs et moins nombreux que les cellules de mésophylle qui les entourent. Les dimensions des idioblastes dans les organes développés varient de $10^{\mu}$ (*Kalanchoe* sp.) à $200^{\mu}$ (*Echeveria* sp., *Sempervivum* sp.). La forme dominante (en coupe transversale) est ovale, surtout dans la tige. Les idioblastes apparaissent plus abondamment dans les feuilles et dans les tiges des genres appartenant à la sous-famille des Sempervivoideæ (*Sempervivum*, *Aeonium*, *Monanthes* sp.). C'est

dans la sous-famille des Kalanchoideæ et surtout dans le genre *Bryophyllum*, que les idioblastes sont le plus rares. Ces observations peuvent servir à la formation d'une clef anatomique, servant à la détermination des espèces, basée sur la supposition que le mode de répartition, la forme et les dimensions des idioblastes développés présentent des signes génériques invariables. Ces faits peuvent avoir une certaine importance pour la systématique des Crassulacées.

Le contenu des idioblastes dans les feuilles de toutes les espèces montre la présence d'acétaldéhyde. Ce sont les représentants de la sous-famille de Sempervivoideæ qui donnent la réaction la plus forte d'aldéhyde. La réaction colorée donnée par le contenu des idioblastes avec les lessives (coloration bleue) dépend de la présence d'acétaldéhyde, ainsi que la réaction de Peche de tanins. Cette réaction n'est donnée que par les espèces où l'on a démontré la présence d'acétaldéhyde dans les idioblastes par voie histochimique; ce sont les espèces appartenant aux sous-familles de Sempervivoideæ, Crassuloideæ, Sedoideæ et Echeverioideæ. Le contenu des idioblastes dans toutes les espèces étudiées est composé principalement des phloroglucotannoïdes, excepté certaines espèces des genres *Bryophyllum*, *Kitchingia* et *Umbilicus*. Dans ces derniers genres le contenu des idioblastes se compose de tanins probablement dérivés de dihydroxybenzène.

On voit que les réactions des oxydases réussissent d'une façon faible ou bien elles sont négatives, ce qui confirme l'opinion de Oparin et Kurssanow sur la détermination entravée des oxydases en présence des tanins.

La détermination histochimique de la carboxylase ou d'une autre desmolase de type analogue est impossible. Il est possible cependant de révéler dans les feuilles étudiées un ferment provoquant la décomposition des acides $\alpha$-cétoniques par la détermination microchimique de l'acétaldéhyde comme produit de la décomposition de la solution ajoutée de l'acide pyruvique. La présence de ce ferment a été constatée dans 13 espèces sur 43, principalement dans les sous-familles des Crassuloideæ et Sempervivoideæ.

Après la microincinération des coupes (par la méthode de Policard) on n'a pas constaté par la voie microchimique la présence des cations liés d'une façon organique au contenu des idioblastes. Ledit contenu n'est composé probablement que des substances organiques. Néanmoins la présence du fer combiné, comme composant des desmolases, n'est pas exclue.

La différence en concentration de pH le matin et le soir (désacidification journalière) est maximale chez ces espèces, qui contiennent la plus grande quantité des idioblastes, qui donnent les réactions colorantes avec

des lessives, qui contiennent l'acétaldéhyde en grande quantité, enfin les ferments provoquant la décomposition des acides α-cétoniques.

En me basant sur les recherches rapportées ci-dessus, je suis amené à attribuer aux idioblastes étudiés la fonction de modérateurs biochimiques du procès de respiration, particulièrement de la phase de combustion des acides organiques. En même temps les idioblastes sont les accumulateurs d'un des produits intermédiaires de cette oxydation, de l'acétaldéhyde, qui peut entraver l'action de la carboxylase ou bien d'une autre desmolase semblable. Plus le type de la feuille des Crassulacées s'approche du type de la feuille non grasse (sous-famille de Kalanchoideæ), moins il y a d'idioblastes, et moins est sensible la différence du pH du suc cellulaire envisagé le matin et le soir.

ZOOLOGIE. — *Acte de nutrition d'un pseudoscorpionide :* Chelifer Cancroides *L.* Note (¹) de M. **Max Vachon**, présentée par M. Ch. Gravier.

L'acte de nutrition des *Pseudoscorpionides* offre de l'intérêt par suite de l'existence d'une digestion extérieure. La proie, maintenue par les pattes-mâchoires est blessée par les doigts fixes des chélicères qui la pénètrent profondément. Le contenu de la victime, aspiré par le *Chelifer*, s'écoule *sur le dos du labre* qui, durant l'acte de nutrition est véritablement enveloppé par les chélicères et *entre* légèrement dans la proie. Guidées par les sillons labraux, antérieurement complétés en tubes par les doigts fixes des chélicères aux larges serrulae internes membraneuses et postérieurement par les parois internes des maxilles, les substances aspirées arrivent à la bouche vraie, c'est-à-dire à l'apex du système labial, passent entre les lèvres et arrivent au pharynx. Mais, durant ce trajet, se produit un triage des éléments solides non absorbables et des éléments liquides utilisables. Le système filtrant est formé par les lèvres munies de soies et qui enferment entre elles un espace en forme de V renversé. Les solides, arrêtés par les soies labiales, sont repoussés, au fur et à mesure de leur triage, en avant des lèvres. Ils se déposent sous le labre entre les parois internes des maxilles, c'est-à-dire *dans l'atrium buccal.* Ils y constituent bientôt une masse ovoïde dont la présence sous le labre ne saurait en rien gêner l'arrivée des

(¹) Séance du 14 mai 1934.

substances aspirées. La masse, finie, est éjectée. Les parois internes des maxilles, jusqu'alors coaptées ventralement et formant le plancher de l'atrium buccal, se séparent par suite d'un écartement des maxilles elles-mêmes. Les chélicères sont alors rétractées bien à fond, tant et si bien qu'à leur retour vers l'avant, les flagelles piquent la masse postérieurement et latéralement. Celle-ci, à chaque protraction des chélicères, est repoussée en avant, glisse sur la carène inférieure labrale et sort peu à peu de l'atrium en se retournant.

La dissociation des tissus de la proie provient de l'action d'un suc expulsé par le *Chelifer* empruntant le même trajet que les substances aspirées, mais en sens inverse. Les courants d'aspiration et d'expulsion ainsi que la dissociation des tissus de la victime sont des *phénomènes visibles* si la proie est convenablement choisie.

Les détails et les figures se rapportant à ce travail seront publiés dans un Mémoire ultérieur. L'auteur ne donnera pas ici les nombreuses raisons pour lesquelles il n'a pu accepter la théorie de J. C. Chamberlin [1]. D'après cet auteur, les substances aspirées passeraient entre le labre et les laminae maxillaires, c'est-à-dire *par l'atrium buccal*. La présence dans celui-ci d'une masse de rebut démontre suffisamment qu'un tel trajet ne saurait convenir. L'étude topographique des cavités buccales prouve l'existence d'un passage tel que je l'ai envisagé; l'histologie du complexe rostro-labral renseigne enfin sur le mécanisme possible des phénomènes d'aspiration et d'expulsion.

ZOOLOGIE. — *Le complexe basisphénoïdien et le septum orbitaire nadiral des Poissons hétérosomes*. Note de M. **Paul Chabanaud**, présentée par M. M. Caullery.

Le basisphénoïde des *Psettodes* est un complexe diplostéique, constitué par un élément principal, l'*autosphénoïde* [2], et par une pièce accessoire, indépendante, le *rhabdosphénoïde* [3], représentative du processus intermusculaire du basisphénoïde des espèces symétriques.

---

[1] *The Arachnid Order* Chelonethida (*Stanford Un. Publ.*, 7, 1931, p. 107-108).

[2] Αὐτός, lui-même; σφήν, coin; εἶδος, forme. C'est le basisphénoïde proprement dit.

[3] Ῥάβδος, baguette; sphénoïde.

Intercalé entre les deux pleurosphénoïdes et complétant mésialement, en avant des prootiques, le toit du myodome, l'autosphénoïde est pourvu d'un processus rectiligne, érigé rostralement et prolongé jusqu'au niveau du bord orbitaire du neurocrâne. La face dorsale de ce processus est creusée en gouttière; sa face ventrale est carénée. Il est traversé obliquement par un foramen (trajet de l'artère encéphalique?), qui s'ouvre, d'une part, à l'extrémité postérieure de sa face ventrale et, d'autre part, au fond de la gouttière dorsale, à la naissance du processus orbitaire.

Le rhabdosphénoïde est situé en avant de l'autosphénoïde. C'est une lame osseuse verticale, incluse dans le septum membraneux interorbitaire et dont l'extrémité caudale, acuminée, s'engage dans la gouttière de l'autosphénoïde, tandis que son extrémité rostrale, dilatée et incurvée ventralement, se soude au parasphénoïde.

Ce rhabdosphénoïde ne saurait être envisagé autrement que comme l'homologue du processus intermusculaire du basisphénoïde des Téléostéens symétriques. Force est d'en conclure à l'indépendance originelle de ce processus et du basisphénoïde proprement dit; la fusion de ces deux pièces, réalisée partout ailleurs, est sans doute empêchée, dans le cas présent, par les perturbations consécutives à la migration oculaire.

Le rhabdosphénoïde n'existe, à ma connaissance, chez aucun Hétérosome autre que les *Psettodes*. Divers *Pleuronectidæ* (*Atheresthes stomias*, *Hippoglossus hippoglossus*) conservent un autosphénoïde plus ou moins ossifié, qui disparaît à son tour dans les formes plus spécialisées (*Scophthalmidæ*, *Trinectidæ*, *Soleidæ*, *Cynoglossidæ*).

Des deux septa osseux qui, reliant le complexe ethmoïdien au neurocrâne, constituent, chez tous les Hétérosomes, les parois latérales de l'orbite migratrice, l'un, morphologiquement mésial, sépare cette orbite de son homologue fixe; c'est le septum interorbitaire, toujours plus ou moins dévié vers le côté zénithal; l'autre, morphologiquement pleural, peut être désigné sous le nom de *septum orbitaire nadiral*.

Le septum interorbitaire est essentiellement constitué par les deux frontaux, auxquels se surajoute une portion plus ou moins importante du pleurethmoïde zénithal.

Dans les groupes autres que les *Psettodidæ* (soit les *Pleuronectidæ*, les *Scophthalmidæ*, les *Trinectidæ*, les *Soleidæ*), le septum orbitaire nadiral appartient, en totalité ou en majeure partie, au pleurethmoïde nadiral; sauf toutefois chez les *Cynoglossidæ*, dont le frontal nadiral développe un processus qui atteint au moins le niveau du centre de l'orbite.

Le septum orbitaire nadiral des *Psettodes* offre cette particularité remarquable d'être constitué par un os spécial, essentiellement dissymétrique et sans homologue, non seulement parmi les formes symétriques, mais encore au sein même de l'ordre des *Heterosomata*. Cet os, que je propose de nommer l'*azygoste* (1), est interposé entre le court pleurethmoïde et le frontal nadiraux; il se divise caudalement en deux processus divergents, dont l'interne, appliqué contre le frontal, forme, jusqu'à la crista media, la paroi postérieure de l'orbite migratrice, tandis que l'externe s'insinue entre ce même frontal et le sphénotique adjacent, jusqu'à faible distance du pariétal.

Issu du sphénotique, le canal pleurogrammique parcourt la carène latérale de l'azygoste, atteignant presque la suture de cet os avec le pleurethmoïde. La présence de ce canal sensoriel entraîne à considérer l'azygoste comme un os d'origine membraneuse, voire même dermale, suggérant l'hypothèse d'un suborbital insinué en profondeur et subséquemment recouvert par le tégument (2).

De toute évidence, la migration oculaire des Poissons hétérosomes détermine la formation du septum orbitaire nadiral qui leur est propre; mais ce résultat est obtenu par deux voies différentes :

1° *Psettodidæ*. — Formation d'un élément surnuméraire, spécial, l'azygoste, interposé entre le pleurethmoïde et le frontal nadiraux.

2° Tous les autres *Heterosomata*. — Soudure directe du frontal nadiral au pleurethmoïde concomittant, réalisée grâce à une prolifération en direction caudale de la partie orbitaire du pleurethmoïde et à laquelle se surajoute parfois (*Cynoglossidæ*) une prolifération en sens contraire du frontal.

---

(1) 'A privatif; ζυγός, balance (symétrie); ὀστέον, os.

(2) Le crâne de *Psettodes erumei* a été étudié et figuré par H. W. Wu (*Thèse de Paris*, 1932, p. 19, figure 3), par moi-même (*Bull, Soc. Zool. France*, 58, 1933, p. 141 et 142, figures 1, 2 et 3) et, tout récemment, par J. R. Norman (*A Systematic Monograph of the Flatfishes*, 1, p. 3, figure 2, London, 1934). Pour avoir été accomplies sans dissociation préalable du crâne solide (opération impraticable une fois le collagène fixé par le formol), ces investigations n'ont pu révéler la structure ni même l'existence du complexe basisphénoïdien. L'azygoste a été jusqu'ici confondu avec le frontal.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Méthode pour situer les impressions rétiniennes par rapport à la fovea. Application à l'étude de l'acuité visuelle aux basses lumières.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. Armand de Gramont.

Il est actuellement établi que la sensation lumineuse brute aux très basses lumières est une fonction de la rétine périfovéaire.

Il n'en est plus de même dans le cas d'un sujet voulant distinguer la forme d'un objet sombre sur fond peu brillant, cas dans lequel sont mises simultanément en jeu la sensibilité lumineuse et l'acuité visuelle aux basses lumières. On pense généralement que la vision est alors fovéaire, mais quelques auteurs sont encore d'une opinion différente.

Au surplus, dans les deux cas, les auteurs ne se sont guère fondés que sur le sentiment qu'a le sujet de regarder directement l'objet lumineux, ou de regarder à côté de lui, et sur les observations faites par des sujets présentant des lésions fovéaires.

J'ai pensé à appliquer à ces questions une méthode tirée du phénomène des images accidentelles, que de précédentes recherches m'ont amené à produire sous une forme particulière. J'avais, en effet, observé que l'action inhibitrice de l'éclairement d'une partie de la rétine sur les fonctions des parties voisines, s'étend d'autant moins loin que la partie éclairée est plus étroite (1).

Il est facile de prévoir, *a fortiori*, que *le scotome consécutif à un éblouissement rétinien en forme de point ou de ligne mince laisse intactes les fonctions de la rétine voisine et en particulier la fonction d'adaptation*.

En conséquence, j'ai produit sur la rétine d'une série de sujets l'image d'une croix à deux branches rectangulaires égales, formées de deux rangées de trous de $1^{mm}$ de diamètre, en donnant aux trous, par le même moyen que dans mes expériences antérieures, une brillance de 10 bougies par millimètre carré. L'exposition dure deux secondes, après quoi toute lumière est supprimée dans le laboratoire.

Le sujet perçoit alors et conservera pendant une dizaine de minutes une belle image accidentelle de la croix. De plus, si l'on a pris soin, avant de

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1281.

donner à la croix la brillance nécessaire à la production du scotome, de l'éclairer suffisamment pour que le sujet puisse en fixer le centre, le milieu du scotome correspondra exactement à l'axe fovéaire.

L'œil non exposé est couvert par un bandeau et restera exclus pendant toute l'expérience.

Au bout d'un certain temps d'adaptation, on éclaire progressivement une plaque d'opaline sur laquelle est dessiné en noir un anneau brisé, dont le sujet doit distinguer et orienter la brisure (1).

On avait donné à la croix une dimension telle que, placée à $0^m,40$ du sujet, chaque branche lui apparût sous un diamètre apparent de 1 : 10, qui est à peu près celui de la fovea vue du centre optique de l'œil. Ainsi, dès l'instant qu'une sensation paraît au sujet se projeter à l'intérieur du cercle dont les deux branches du scotome sont des diamètres, on peut être sûr que cette sensation correspond à la fovea.

La plaque d'opaline est vue sous 1:30, l'anneau sous 1:60, la brisure sous 1:340. Or, on constate que la plaque d'opaline, vue plus ou moins extérieure au scotome tant que le sujet ne recherche qu'une sensation de lumière brute, doit être nécessairement centrée sur le milieu du scotome lorsqu'il veut distinguer la brisure de l'anneau. A ce moment, la croisée des branches de la croix est intérieure à l'anneau ou immédiatement contiguë à son contour extérieur.

On peut donc affirmer que l'acuité visuelle est une fonction de la fovea et même du fond de la fovea, pour la brillance de fond qui dans ces expériences a permis de discerner la brisure de l'anneau; celle-ci était de $20 \times 10^{-7}$ bougie par centimètre carré.

Il n'est pas ainsi démontré que l'acuité reste, pour des brillances plus faibles, une fonction de la fovea; l'expérience n'a pas encore été faite, parce que la durée du scotome doit alors être plus grande, et que sa production soulève quelques difficultés.

La méthode employée peut être généralisée. L'image accidentelle d'une croix mince trace dans tout plan de front deux axes de coordonnées, dont l'origine correspond, moyennant certaines précautions, au fond de la fovea. Ces axes constituent un système de référence pour toutes les sensations visuelles.

---

(1) En fait on s'est servi du photoptomètre décrit par l'auteur dans le *Bulletin de la Société française de Physique*, n° 305 du 20 mars 1931, p. 47 S.

PHARMACODYNAMIE. — *Action neuro-musculaire des amides et des dérivés cyaniques.* Note de M. **R. Bonnet**, présentée par M. L. Lapicque.

Nous avons montré ([1]) que, l'action neuro-musculaire de l'urée étant identique à celle des amides, il était logique de penser que l'urée doit être considérée comme une amide, tout au moins en ce qui concerne son comportement pharmacodynamique.

Or, d'après les conceptions de Werner, on doit considérer l'urée, non pas comme une amide, mais comme un dérivé cyanique.

Il était donc intéressant, afin de confirmer on d'infirmer notre manière de voir, de rechercher l'action pharmacologique de certains composés cyaniques et de comparer les résultats obtenus à ceux que nous avons trouvés dans le cas des amides.

C'est ce que nous avons fait en suivant exactement la méthode indiquée dans notre précédente Note.

Les dérivés cyaniques employés ont été l'acide cyanurique et le cyanate de potassium.

Nous donnerons la totalité des résultats expérimentaux dans un Mémoire ultérieur. Nous rapportons ici quelques valeurs obtenues en y joignant certains chiffres relatifs à l'urée et à l'acétamide.

| | Concentration | | Facteur par lequel se trouve multipliée la chronaxie quand l'inexcit. totale du système est atteinte. | |
|---|---|---|---|---|
| Substance employée. | moléculaire. | en N pour 100. | Nerf. | Muscle. |
| Urée | M/30 | 0,093 | 1 | 1 |
| » | M/4 | 0,7 | 1 | 4 |
| Acétamide | M/15 | 0,093 | 1 | 1 |
| » | M/2 | 0,7 | 1 | 4 |
| Acide cyanurique | M/144 | 0,0292 | 3 | 3 |
| » | M/72 | 0,0584 | 3 | 3-4 |
| Cyanate de potassium | M/160 | 0,0085 | 2-3 | 3 |
| » | M/80 | 0,0175 | 2 | 5 |

([1]) *Comptes rendus*; **198**, 1934, p. 284.

Les résultats expérimentaux permettent de tirer les conclusions suivantes:

1° L'acétamide et l'urée, employées à une concentration faible, représentant $0^g,093$ d'azote pour $100^{cm^3}$ de solution, n'ont aucune action toxique, ni sur le nerf, ni sur le muscle.

Les mêmes substances, à une concentration de $0^g,7$ pour 100 d'azote, sont des poisons musculaires et uniquement musculaires, ainsi que nous l'avons déjà indiqué.

2° Les dérivés cyaniques, à des concentrations beaucoup plus faibles, sont à la fois des poisons musculaires et nerveux.

En tenant compte du temps au bout duquel apparaît l'inexcitabilité totale du système sciatique-gastrocnémien, on peut dire que l'azote de l'acide cyanurique est 0,7/0,0584, soit 12 fois plus toxique pour le muscle que l'azote amidé ou l'azote de l'urée.

L'azote du cyanate de potassium est 0,7/0,0085, soit 82 fois plus toxique que l'azote amidé.

Il est bon de faire remarquer ici que la toxicité observée dans le cas du cyanate de potassium n'est pas due aux ions K. Des essais effectués aux dépens de solutions de Ringer, amenées à des concentrations en ions K correspondant à celles de nos solutions de cyanate, nous ont montré qu'à ces concentrations, le potassium manifeste une action toxique au bout d'un temps plus long que celui nécessaire pour provoquer l'inexcitabilité dans les expériences rapportées ci-dessus.

3° L'acide cyanurique est nettement moins toxique pour le muscle que le cyanate de potassium (à concentrations isoazotées) ce qui tient vraisemblablement à la polymérisation du groupement cyanique dans l'acide cyanurique.

4° Les composés cyaniques se comportent au point de vue pharmacologique d'une manière tout à fait différente de celle des amides ou de l'urée. Leur mode d'action est beaucoup plus brutal.

Ces conclusions renforcent donc celles de notre précédente Note. Elles semblent bien montrer que l'urée se comporte comme une amide et non comme un dérivé cyanique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Galvanotropisme et âge physiologique.* Note de M. **Jacques Monod**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai exposé [1], au sujet du galvanotropisme des Infusoires ciliés, des résultats qui permettaient de définir exactement ce phénomène, et montraient qu'il est fonction du champ électrique, mais indépendant de la densité du courant, ceci contrairement à ce qui est généralement admis.

Ayant ainsi défini le rôle des principales variables physiques, il conviendrait de fixer celui de ce que l'on peut appeler les variables physiologiques.

Dans le cas qui nous occupe, une culture pure d'Infusoires, il faut accorder une importance particulière à l'*âge physiologique* de la culture employée. Pour donner à ce terme un sens exact, il faudrait une étude comptète de l'évolution du métabolisme au cours de la croissance. Cette étude n'a pas été faite, et représente un très gros travail.

Cependant, à titre de première approximation, j'ai étudié quantitativement la croissance d'une culture, tout en suivant l'évolution des propriétés galvanotropiques des Infusoires. J'indiquerai ici quelques résultats, qui montrent que celles-ci se trouvent profondément modifiées suivant le degré de vieillissement de la culture.

*Technique.* — L'étude de la croissance constitue un travail à part dont les résultats seront exposés ultérieurement. Disons simplement que les Infusoires employés étaient des *Glaucoma pyriformis* en culture pure, dans de l'eau peptonée à 4 pour 1000. Les cultures étaient faites dans des flacons laveurs où circulait constamment un conrant d'air stérile. Ainsi le taux d'oxygène était constant, le $CO^2$ éliminé, et la culture constamment brassée et homogénéisée. Deux fois par jour, on prélevait stérilement quelques centimètres cubes de liquide, pour faire des numérations dans une cellule Nageotte.

L'intensité du galvanotropisme était calculée par la technique que j'ai déjà décrite : dessin à la chambre claire des trajets effectués par les Infusoires, mesure au curvimètre de la longueur de ces trajets. Pour exprimer l'orientation moyenne, on rapporte à la longueur de ce trajet la longueur de sa projection sur l'axe représentant la direction du champ électrique. Le champ était établi entre des électrodes constituées par des fils de platine, les mesures faites dans le milieu de culture lui-même [1].

---

[1] *Bulletin biologique Fr. et Belg.*, 67, 1933, p. 474-479; *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 122.

Nous avons pris comme test de l'état de la culture le coefficient de croissance en 20 heures, c'est-à-dire le nombre par lequel il faut multiplier la concentration de la culture, à un moment donné, pour obtenir la concentration 20 heures plus tard.

Ce coefficient demeure constant au début de la culture, qui croît suivant une exponentielle. Il est égal à l'unité au moment du maximum de concentration et devient fractionnaire quand la culture est en décroissance.

J'ai pu constater ainsi qu'au cours de cette évolution, l'intensité du galvanotropisme est profondément modifiée. Après être resté constant pendant la période où le coefficient d'accroissement est lui-même constant, le rapport d'orientation décroît, au point de devenir difficilement calculable, à la fin de la culture, à cause de la grande complication des trajets effectués. Et même, une proportion importante d'individus demeure pratiquement insensible à l'établissement du champ électrique. Cependant, pour des champs égaux, au début de la culture, tous les trajets sont rectilignes.

Malgré le grand nombre de mesures effectuées, je n'ai pas pu établir de rapport quantitatif exact entre le coefficient d'accroissement et la valeur du rapport d'orientation.

Il est possible cependant qu'en exprimant l'âge physiologique d'autre manière, un tel rapport apparaisse.

Je donne ici trois chiffres, à titre d'exemple, correspondant respectivement au début, au maximum, et à la période de décroissance de la culture.

| Coefficient d'accroissement. | Rapport d'orientation. |
|---|---|
| 4 | 0,93 |
| 1 | 0,85 |
| 0,75 | 0,40 |

On voit qu'il s'agit là d'une variation très importante, de nature à expliquer, semble-t-il, les résultats contradictoires des auteurs, qui ont expérimenté sans préciser l'état physiologique des cultures employées.

Pour terminer, notons que le galvanotropisme apparaît lui-même comme un très bon test de l'âge physiologique, et qu'il y aurait un grand intérêt à établir entre son intensité et d'autres mesures physiologiques, des rapports exacts.

SÉROLOGIE. — *Nouvelles observations sur les propriétés physiques du sérum sanguin.* Note de M. **Maurice Doladilhe**, présentée par M. F. Mesnil.

On sait que l'addition d'eau distillée à un sérum sanguin suffit pour provoquer la floculation de ses globulines. Nous avons été amené à constater que ce déséquilibre est conditionné non seulement par la valeur de la dilution, ainsi que Lecomte du Noüy [1], Boutaric et nous-même [2] l'avons montré antérieurement, mais aussi par la concentration en ions H du sérum dilué. C'est ce dont on peut se rendre compte en utilisant des eaux distillées portées à différents pH par addition de solutions acides ou alcalines.

Pour une dilution déterminée, les globulines présentent une zone de floculation comprise entre deux limites $a$ et $c$ ($a > c$) du pH du sérum dilué; l'intensité de ce déséquilibre (vitesse de la floculation, quantité de globuline floculée...) augmente à mesure que le pH diminue à partir de $a$, passe par un maximum (floculation totale des globulines) pour une valeur $b$ du pH ($a > b > c$), puis décroît ensuite à mesure qu'il diminue de $b$ à $c$.

Cette valeur $b$ du pH d'un sérum dilué pour lequel la floculation de ses globulines est totale dépend de la dilution à laquelle il a été porté et augmente à mesure que croît cette dernière. Nous donnons ci-dessous, en exemple, les valeurs de $b$ pour un sérum humain à diverses dilutions $l$ ($l$ représente, en centimètres cubes, le volume auquel est porté, par dilution, $1^{cm^3}$ de sérum) :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $l$................. | 10 | 50 | 100 | 300 | 500 |
| $b$................. | 6,3 | 6,4 | 6,6 | 6,7 | 6,9 |

En sorte que la floculation des globulines ne se manifeste qu'entre deux limites du pH du sérum dilué et n'est totale, pour une dilution déterminée, qu'à un seul pH, et, pour un pH déterminé qu'à une seule dilution.

Ces premiers résultats s'appliquent, en particulier, aux méthodes de séparation dont le mécanisme consiste dans la précipitation des globulines par la modification du pH du sérum dilué (méthodes à HCl, $CO^2$ par

---

(1) *C. R. Société de Biologie*, **106**, 1931, p. 85.
(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1385.

exemple) et montrent que cette séparation n'est totale que si ces deux facteurs sont judicieusement choisis.

Le phénomène de floculation d'un sérum dilué se traduit optiquement par une opacification progressive qui atteint unè valeur limite d'autant plus élevée qu'est plus importante la quantité des globulines floculées. On peut donc le représenter graphiquement, pour une dilution déterminée, en traçant la courbe représentative des variations de l'opacité limite de la dilution sérique en fonction de son pH. Ce graphique de dilution permet d'évaluer d'une façon précise, non seulement le maximum de la floculation, mais aussi la stabilité des globulines à l'action floculante de l'eau distillée (par la mesure, par exemple, du pH $a$ à partir duquel commence le déséquilibre) et de comparer, à ce point de vue, divers sérums.

Dernièrement, Chorine et Gillier [1], au cours de leurs recherches sur le mécanisme de la malaria-floculation de Henry, ont montré que le pouvoir floculant d'un sérum humain vis-à-vis de la mélanine est d'autant plus prononcé qu'est plus grande l'instabilité de ses globulines en eau distillée.

Les tracés des graphiques de dilution et de floculation [2] nous ont permis de constater que les résultats signalés par ces auteurs, dans le cas particulier de la mélanine, s'appliquent aux divers sérums (homme, cheval, bœuf, mouton, lapin, etc.) et à de nombreux colloïdes (gommes, résines, extraits d'organes, etc.). Dans tous les cas étudiés, nous avons observé, en effet, que, toutes autres choses égales, la zone de floculation d'un colloïde et d'un sérum est d'autant plus étendue qu'est plus grande l'instabilité de ses globulines en eau distillée.

Nous avons signalé antérieurement [3] que le groupe des globulines possède un pouvoir floculant prononcé alors que le groupe des albumines (sérine et lipoprotéines) manifeste, au contraire, vis-à-vis des hydrosols colloïdaux de la catégorie des gommes, résines, extraits d'organes, un pouvoir de dispersion particulièrement intense et que les propriétés floculantes du sérum total sont le résultat de l'action combinée du pouvoir floculant des globulines contre-balancé par le pouvoir dispersant des albumines.

---

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, 52, 1934, p. 193.

(2) Nous rappelons que ces derniers représentent, en fonction de la concentration du sérum, la variation de l'opacité limite de mélanges, d'égal volume, de sérum et de colloïde, dans lesquels le colloïde est sous une concentration déterminée et le sérum sous des concentrations croissantes.

(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1189.

Or les facteurs (chauffage, électrolytes, par exemple) qui augmentent les propriétés dispersantes du groupe des albumines et qui, par conséquent, diminuent le pouvoir floculant du sérum total, augmentent parallèlement la stabilité du groupe des globulines en eau distillée. Ainsi le chauffage préalable d'un sérum, qui diminue son pouvoir floculant, diminue aussi la limite *a* de la zone de déséquilibre de ses globulines et, de ce fait, augmente leur stabilité.

Si, après avoir séparé les deux groupes protéiques précités, on reconstitue le sérum total par l'addition du groupe des globulines à celui des albumines, on constate que ce mélange présente une stabilité en eau distillée d'autant plus élevée, et un pouvoir floculant d'autant plus faible, qu'est plus prononcé le pouvoir dispersant du groupe des albumines.

Par exemple, de deux mélanges identiques, celui dont le groupe des albumines aura subi un chauffage préalable (qui a pour effet d'augmenter son pouvoir dispersant) manifestera toujours une stabilité plus grande en eau distillée et un pouvoir floculant plus faible que celui dont le groupe des albumines n'aura été soumis à aucun chauffage. Chorine et Gillier ont d'ailleurs signalé l'influence inhibitrice exercée par le chauffage et par les électrolytes sur la malaria-floculation.

Ces quelques résultats permettent de penser que le groupe des albumines exerce, au sein du sérum, son pouvoir dispersant sur le groupe des globulines et que la stabilité d'un sérum en eau distillée, aussi bien que son pouvoir floculant vis-à-vis des colloïdes, traduisent, en partie tout au moins, l'intensité de cette action.

La séance est levée à $15^h 35^m$.

E. P.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus pendant les séances d'avril 1934.

*Un nouveau système de barrage mobile*, par Aubert. Extrait de la Revue *Science et Industrie*, n° 201, du 15 octobre 1930; 1 fasc. 31cm,5. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

*Nouveaux barrages à hausses*. Rapport présenté par J. Aubert au Congrès de Strasbourg (juillet 1933) de la Ligue pour l'aménagement des eaux. Vannes, Imprimerie Lafolye et J. de Lamarzelle, 1933; 1 fasc. 27cm. (Présenté par M. d'Ocagne.)

*Le tréfilage de l'acier*, par Maurice Bonzel. Paris, Dunod, 1934; 1 vol. 25cm,5.

*Traité de Géodésie*, par P. Tardi.

— Fasc. 1 : *Généralités sur la géodésie. Géodésie mathématique. Triangulations;*

— Fasc. 2 : *Astronomie géodésique de position. Géodésie dynamique. La figure de la Terre*. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 2 fasc. 25cm,5.

*Observatoire d'Abbadia. Cinquième catalogue comprenant 1275 étoiles dont 669 fondamentales de* + 45° *à* — 26°, *observées en 1928-1929. Réduites à* 1925,0. Hendaye, Imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1934; 1 fasc. 32cm.

Royaume de Belgique. Ministère des Colonies. *Carte géologique du Congo belge à l'échelle du 500.000e. Région de Watsa* (feuilles n° 14 et n° 15). Bruxelles, Imprimerie typographique de l'Institut cartographique militaire, 1933; 3 planches de 79cm,5 × 73cm.

*Farben und Farben-Empfindung. Eine Erklärung dieser Erscheinungen in 3 Vorträgen*, par Karl Weidlich. Stettin, Gedruckt bei Hermann Saran 1933; 1 fasc. 23cm,5.

*La Science, ses progrès, ses applications*. Ouvrage publié sous la direction de MM. Georges Urbain et Marcel Boll.

— Tome I : *La Science jusqu'à la fin du* XIXe*-siècle*.

— Tome II : *Les applications et les théories actuelles*. Paris, Librairie Larousse, 1934; 2 vol. 32cm.

*Notions de photogrammétrie terrestre et aérienne*, par Ch. Abdullah. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1934; 1 vol. 20cm,5. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

Académie Royale des Belles-Lettres, Sciences et Arts de La Rochelle, créée par lettres patentes du mois d'avril 1732. *Séances publiques de 1929 à 1932*. La Rochelle, Imprimerie de l'Ouest, 1933; 1 vol. 23cm.

*Carrés magiques au degré n. Séries numérales de G. Tarry avec un aperçu historique et une bibliographie des figures magiques*, par E. Cazalas. Paris, Hermann et Cie, 1934; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

*The variation of latitude*, par W.-D. LAMBERT, FRANK SCHLESINGER et E.-W. BROWN. In *Bulletin of the National Research Council*, n° 78. Washington, D. C., 1931; 1 fasc. 25$^{cm}$.

*Structure microscopique des charbons du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais*, par ANDRÉ DUPARQUE. Vol. I : Texte. — Vol. II : Planches, explications des planches, Bibliographie, Tables. In *Mémoire de la Société géologique du Nord*, Tome XI. Lille, Imprimerie centrale du Nord, 1933; 2 vol. 29$^{cm}$.

*Ferment oder Lebewesen?*, par H. BECHHOLD. In *Kolloid-Zeitschrift*, vol. 66, cahier 3, 1934; 1 fasc. 27$^{cm}$.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 5 février 1934.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *P. Serbescu*, La toxicité de l'aluminium selon la voie d'entrée :

Page 518, ligne 5, *au lieu de* du lapin, *lire* du cobaye ou du lapin; tableau du renvoi (1), *au lieu de* poids des lapins, *lire* poids des cobayes.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 28 MAI 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Octav Onicescu**, professeur à la Faculté des Sciences de Bucarest, et à M. **Stanislaw Zaremba**, professeur à l'Université de Cracovie, qui assistent à la séance.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Biréfringence magnétique de l'oxygène et de l'azote à l'état gazeux et des solutions aqueuses de chlorates.* Note [1] de MM. **A. Cotton** et **Tsaï Belling**.

Nous avons utilisé la bobine supplémentaire de l'électroaimant de Bellevue, dont nous avons parlé ici-même [2], à des recherches sur la biréfringence magnétique de deux gaz comprimés et de certains liquides peu actifs. Pour ces recherches, le chariot portant la bobine qui est représenté sur les figures 1 et 2 a été engagé entre les grandes pièces en forme de coin de l'électroaimant. Ce dernier était excité par 400 ampères et la bobine par 3500 ampères. Dans ces conditions, on doublait presque la biréfringence mesurée en dehors de la présence de la bobine, avec l'électroaimant seul.

*Biréfringence magnétique de l'oxygène comprimé.* — Nous avons repris dans ces conditions l'étude de l'oxygène gazeux qui possède, comme l'un de nous l'a indiqué antérieurement [3], une biréfringence négative.

---

(1) Séance du 23 mai 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1645.

(3) Tsaï Belling, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1615.

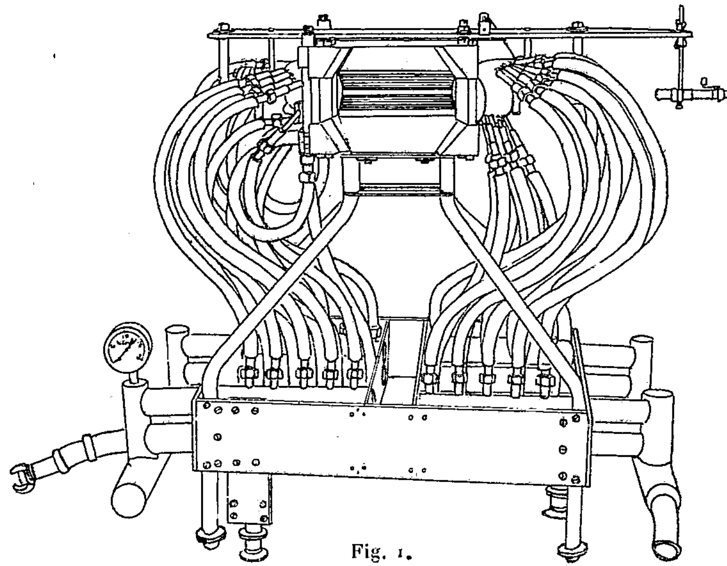


Fig. 1.

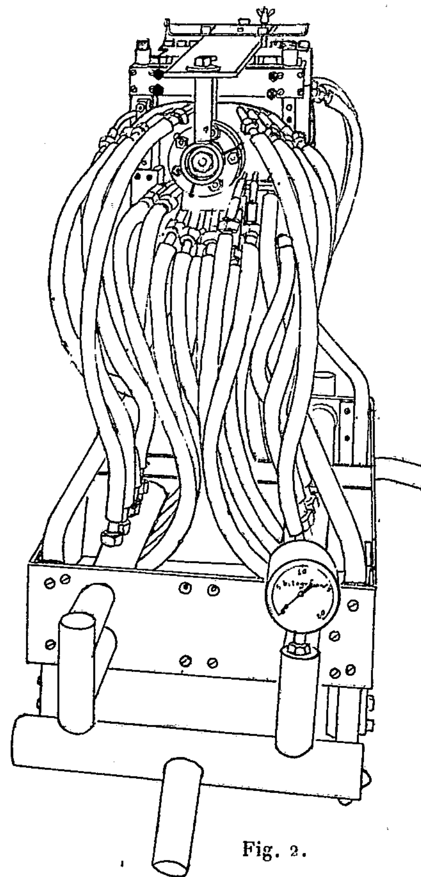


Fig. 2.

Dans ce cas, les appareils de polarisation étaient placés dans le tube à expériences lui-même, les mesures étant faites en lumière blanche par une méthode dont le principe a été indiqué. La colonne gazeuse étudiée n'avait pas moins de $63^{cm}$ de longueur. Dans ces conditions, l'expression $\int H^2.dl$ atteignait, pour les valeurs indiquées pour les courants, la valeur $10,4.10^{10}$, qui s'abaissait à $5,4.10^{10}$ quand on supprimait le courant dans la bobine supplémentaire.

On a fait l'étalonnage de la lame de verre compensatrice avec la lumière verte du mercure; dans ces conditions, on trouve que la biréfringence mesurée correspond à $\beta = -0°,75$ pour l'oxygène gazeux comprimé à 100 atmosphères.

On peut, d'après cela, calculer la valeur du retard $\delta$, ou de la constante absolue de biréfringence $C_m$, par la relation

$$\frac{\beta}{\pi} = \frac{\delta}{\lambda} = C_m \int H^2.dl,$$

on trouve $C_m = -4,05.10^{-14}$ (pression $100^{atm}$).

*Biréfringence magnétique de l'azote.* — En remplaçant l'oxygène par de l'azote (renfermant moins de 2 pour 100 d'oxygène), on observe que l'azote présente, lui aussi, une biréfringence magnétique proportionnelle à la pression. Elle est encore négative, mais elle est environ 12 fois plus faible que celle de l'oxygène.

On a $\beta = -0°,064$ et $C_m = -0,33.10^{-14}$ (pression $100^{atm}$).

*Mesures sur l'eau pure.* — Pour l'étude des liquides, l'appareil était disposé de la façon suivante : dans un tube de $7^{mm}$ de diamètre, long de $400^{mm}$, fermé à une de ses extrémités par une glace non trempée, on introduit un autre tube de $0^{mm},5$ de diamètre qui peut coulisser dans le premier et qui est fermé du même côté par une autre glace. On remplit tout l'intervalle entre les deux glaces avec le liquide à étudier et l'on règle l'épaisseur à $250^{mm}$, puis l'ensemble est enfoncé dans un thermostat placé dans la cavité intérieure de la bobine. Ce thermostat est formé d'un tube extérieur rectangulaire et d'un tube intérieur cylindrique entre lesquels circule un courant d'eau.

Le tube a été d'abord rempli de nitrobenzène. A 15°, il donne alors, avec la radiation verte du mercure, une biréfringence mesurée par un angle $\beta_n = 40°,81$ (la vibration qui sort du tube est presque circulaire). Si l'on supprime le courant dans la bobine supplémentaire, $\beta_n$ n'est plus que $20°,82$.

Le même tube rempli d'eau a donné une biréfringence négative $\beta = -0^\circ,06$. Cela conduit aux valeurs suivantes pour la biréfringence $b$ de l'eau rapportée à celle du nitrobenzène prise égale à 100 et pour la constante $C_m$ donnant sa biréfringence en valeur absolue (constante calculée en prenant $2,73.10^{-12}$ pour la constante du nitrobenzène à 15°, pour $\lambda = 546$)

$$b = 100\frac{\beta}{\beta_n} = 0,15, \qquad C_m = \frac{n_p - n_s}{\lambda H^2} = -0,14.10^{-14}.$$

*Mesures sur les solutions de chlorates.* — K. S. Krishnan [1] avait été conduit, en comparant l'anisotropie magnétique des cristaux de chlorate de potassium à celle des cristaux de nitrate de sodium, à prévoir que les solutions aqueuses des chlorates devaient posséder une faible biréfringence magnétique négative. S. W. Chinchalkar [2] avait en effet observé ensuite sur une solution de chlorate de sodium une biréfringence conforme à cette prévision. Nous avons repris la mesure de cette faible biréfringence en employant la bobine supplémentaire.

La solution de chlorate de sodium étudiée avec la lumière verte du mercure, à la température 15°, de densité 1,8382, renfermait $c_1 = 0^g,628$ de chlorate par centimètre cube. Sa biréfringence magnétique, négative comme celle de l'eau, $\beta = -0^\circ,20$, est nettement supérieure à celle de l'eau.

Si l'on tient compte de l'eau contenue dans le tube, on trouve qu'il faut retrancher de la valeur absolue de cette rotation 0°,045 et l'on calcule pour la biréfringence magnétique spécifique du chlorate rapportée à celle du nitrobenzène prise égale à 100 :

$$b_s = \frac{b}{c_1} = 0,6$$

et pour sa constante absolue spécifique : $C_m/c_1 = -1,6.10^{-14}$.

Le signe et l'ordre de grandeur de la biréfringence sont donc bien d'accord avec les prévisions de Krishnan. Comme il s'y attendait, la biréfringence est de signe contraire et plus faible en valeur absolue que celle trouvée pour le nitrate de sodium [3].

Mais les valeurs numériques que nous trouvons pour le chlorate de

(1) *Physical Review*, 38, 1931, p. 833.

(2) *Indian Journal of Physics*, 7, 1932, p. 317.

(3) Les mesures qu'avait faites Haque à Bellevue conduisaient pour le nitrate à la valeur (corrigée) $C_m/c_1 = +3,28.10^{-14}$.

sodium (¹), comme des mesures faites avec l'électroaimant seul paraissaient déjà l'indiquer, sont nettement plus grandes que celles indiquées par S. W. Chinchalkar et que celles déduites de la théorie de C. V. Raman et K. S. Krishnan.

Krishnan a appliqué cette théorie, il est vrai, en considérant les cristaux non pas du chlorate de sodium, mais du chlorate de potassium qui est en réalité biaxe. Le chlorate de sodium donne habituellement des cristaux cubiques, doués de pouvoir rotatoire et par conséquent de structure complexe; mais on en connaît plusieurs autres formes cristallines, et, en particulier, une forme uniaxe, celle qui a été signalée d'abord par Mallard (²). C'est à cette forme, isomorphe du nitrate de sodium, malheureusement plus difficile à obtenir, qu'il serait désirable de pouvoir comparer les propriétés magnétooptiques des solutions.

MAGNÉTISME. — *Variation de l'aimantation à saturation aux basses températures. Loi en* $T^{3/2}$. Note (³) de M. **Pierre Weiss**.

A l'occasion de la détermination de la saturation absolue du fer et du nickel, M. R. Forrer et moi (⁴) avons déduit, de mesures descendant jusqu'à la température de l'air liquide, la loi d'approche quadratique

$$\sigma = \sigma_0(1 - AT^2),$$

où $\sigma$ est la saturation à la température T, $\sigma_0$ la saturation absolue et A une constante.

F. Bloch (⁵), étendant au voisinage de la saturation absolue la théorie du ferromagnétisme de Heisenberg, a déduit la loi

$$\sigma = \sigma_0(1 - BT^{3/2}).$$

---

(¹) Nous avons examiné aussi les solutions aqueuses de chlorate de baryum : elles aussi présentent une biréfringence magnétique négative plus grande que celle de l'eau. Mais les mesures sont difficiles; le sel, qui ne cristallise pas à l'état anhydre, est moins soluble que le chlorate de sodium. La biréfringence spécifique $b_s = 0,25$ environ est plus faible que celle du sel de sodium.

(²) *Bulletin de la Société de Minéralogie*, **7**, 1884, p. 349.

(³) Séance du 23 mai 1934.

(⁴) *Annales de Physique*, 10ᵉ série, **12**, 1929, p. 279.

(⁵) *Z. f. Phys.*, **61**, 1930, p. 206.

La discrimination est délicate. Des mesures très précises étaient nécessaires et, surtout, il fallait atteindre des températures aussi basses que possible. M. Fallot, d'après les indications de M. R. Forrer, a réalisé un petit appareil de Linde donnant, dans le champ de l'électro, la goutte d'hydrogène liquide permettant de porter l'ellipsoïde en expérience à 20°K. et d'atteindre les températures entre 20°K. et la température ordinaire.

Les mesures de M. Fallot sur le fer ont été représentées dans la figure 1.

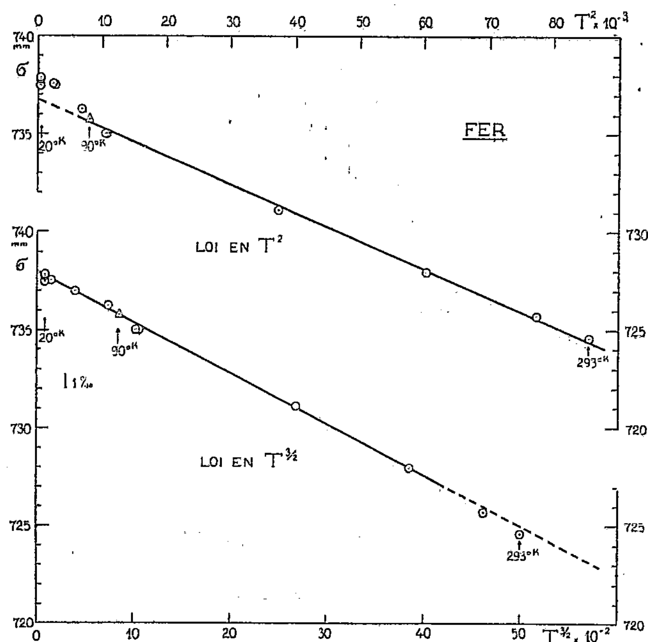



Fig. 1.

Dans la partie supérieure les saturations sont portées (en une unité arbitraire) en fonction de $T^2$. On voit qu'en effet de la température ordinaire à 90°K. les expériences sont fort bien représentées par la loi en $T^2$. Par contre, au-dessous de 90°, tous les points expérimentaux sont au-dessus de la droite.

Dans la partie inférieure de la figure 1 les saturations sont portées en fonction de $T^{3/2}$. Les points, jusqu'aux températures les plus basses, se placent sur une droite. Du côté des températures élevées ils commencent à s'en écarter vers 250°K.

La figure 2 représente de la même manière les mesures sur le nickel. Elles sont tout à fait analogues à celles sur le fer. La loi en $T^2$ représente les saturations observées jusqu'à 90°K., mais au-dessous elles s'en écartent

par excès. Les différences sont plus petites en valeur absolue que dans le cas du fer, mais sensiblement les mêmes en valeur relative. Du côté des températures élevées les écarts commencent à des températures plus basses que pour le fer. Cela devait être puisque le point de Curie du nickel est situé plus bas que celui du fer.

La loi en $T^{3/2}$ est donc vérifiée par l'expérience au degré de la précision.

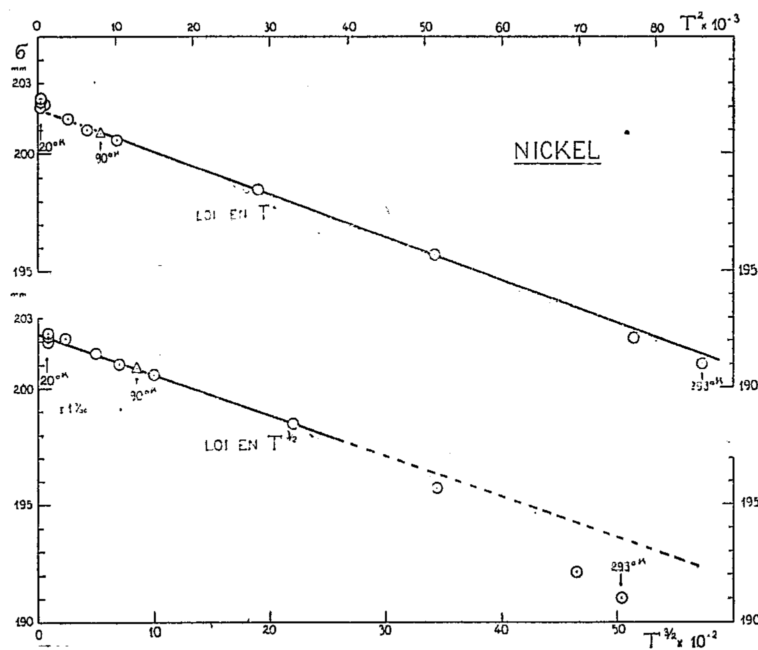



Fig. 2.

Elle donne pour les deux métaux une saturation de 2 pour 1000 plus élevée que celle que donnerait la loi en $T^2$ par les mesures au-dessus de 90°K. Le rapport de 11 à 3 trouvé pour les moments atomiques des deux métaux n'en est donc pas altéré.

Mais la grandeur de leur commune mesure doit subir une correction. M. Forrer et moi avions, en 1919, déduit de nos mesures 1,0183 pour le rapport de la saturation absolue du fer à la saturation à 15° C. Le nombre qui résulte des mesures de M. Fallot d'après la loi d'approche en $T^{3/2}$ est 1,0193. Le magnéton expérimental doit donc être relevé de 1,0 pour 1000. Mais il ne semble pas qu'il y ait lieu, pour le moment, de faire cette petite correction sur la valeur 1125,6, devenue usuelle pour cette unité empirique des moments.

M. **Georges Perrier** fait hommage à l'Académie du Compte rendu de la *Cinquième Assemblée générale* de l'Union géodésique et géographique internationale, réunie à Lisbonne, 17-25 septembre 1933.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Gouvernement général de l'Indochine. Institut des Recherches agronomiques de l'Indochine. *Compte rendu des travaux exécutés en* 1932-1933.

2° Richard L. Sutton. *Diseases of the Skin* et d'autres Ouvrages de Dermatologie et de Voyages, du même auteur, en collaboration avec Richard L. Sutton, jr.

GÉOMÉTRIE. — *Tétraèdres conjugués à une quadrique* Σ *et à arêtes tangentes à une quadrique* S. *Tétraèdres dont les arêtes sont tangentes à deux quadriques* S, S′. Note de M. **Bertrand Gambier**.

1. Vogt a montré ([1]) qu'étant donné deux quadriques Σ, S, la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe *un* (et par suite $\infty^1$) tétraèdre conjugué à Σ, d'arêtes tangentes à S, est $\Sigma\lambda_i\lambda_j = 0$, où $\lambda_i$, $\lambda_j$ sont des racines distinctes de l'équation en λ exprimant que la quadrique $\lambda\Sigma - S = 0$ est un cône. En posant

$$(1)\quad \Sigma \equiv x^2+y^2+z^2+t^2=0,\quad S\equiv ax^2+by^2+cz^2+dt^2=0,\quad S'\equiv \frac{x^2}{a}+\frac{y^2}{b}+\frac{z^2}{c}+\frac{t^2}{d}=0,$$

S′ est la réciproque de S vis-à-vis de Σ; les arêtes des tétraèdres sont aussi tangentes à S′; les sommets sont sur la courbe gauche Γ de degré 8 intersection de la quadrique Σ′ avec la surface W :

$$(2)\qquad \Sigma' \equiv a(b+c+d)x^2+\ldots=0,\qquad W\equiv \Sigma^2-4SS'=0.$$

On choisit un point $A_1(x_1, y_1, z_1, t_1)$ sur Γ et les points $A_2$, $A_3$, $A_4$ sont définis par quatre équations surabondantes :

$$(3)\quad C\equiv SS_1-Q^2=0,\qquad C'\equiv S'S'_1-Q'^2=0,\qquad \Sigma\Sigma_1-QQ'=0,\qquad P=0,$$

([1]) *Annales de l'École Normale supérieure*, 3e série, 12, 1895, p. 363-389.

où l'on a posé $Q \equiv axx_1 + \ldots$, $Q' \equiv xx_1/a + \ldots$, $P \equiv xx_1 + \ldots$, tandis que $S_1$, $S'_1$, $\Sigma_1$ sont les résultats de substitution de $A_1$ dans S, S', Σ.

2. Les calculs de Vogt sont assez compliqués et peuvent être presque totalement suprimés par les remarques suivantes : soient dans un plan trois coniques $s$, $s_1$, $s_2$ vérifiant les relations classiques exprimant : 1° que $s$, $s_1$ admettent $\infty^1$ triangles incrits dans $s$ et circonscrits à $s_1$ ; 2° que $s$, $s_2$ admettent $\infty^1$ triangles inscrits dans $s$ et conjugués à $s_2$ ; 3° que $s_1$, $s_2$ admettent $\infty^1$ triangles circonscrits à $s_1$ et conjugués à $s_2$. Il existe alors un triangle et un seul commun aux 3 catégories et obtenu ainsi : ABC étant un triangle de la première catégorie, BC est la polaire de A relativement à une conique $s'_2$ bien déterminée ; le triangle cherché est le triangle conjugué commun à $s_2$ et $s'_2$. Exceptionnellement si $s_2$ coïncide avec $s'_2$, les trois catégories de triangle n'en font qu'une. Cela posé pour tout point $A_1$ de Σ' le plan P donne une conique (Σ', P) harmoniquement circonscrite à la conique (Σ, P) et une conique (S, P) harmoniquement incrite à (Σ, P) ; la condition $W = 0$ entraîne de plus que la conique (Σ', P) admette avec (S, P) $\infty^1$ triangles inscrits dans la première, circonscrits à la seconde. Les trois coniques (Σ', P), (S, P), (Σ, P) donnent alors l'unique triangle cherché $A_2\,A_3\,A_4$ complétant le tétraèdre.

3. Vogt a négligé d'étudier les cas particuliers ; le cas $a = b = c = 1$, $d = -1$ donne le cas projectivement équivalent à celui de deux sphères Σ, S, l'une circonscrite à un tétraèdre régulier et l'autre tangente aux arêtes ; il y a $\infty^3$ tétraèdres ; W se décompose en deux quadriques dont l'une est Σ'. Ensuite si l'on a $a = b$, $a^2 + 2a(c + d) + cd = 0$, la courbe Γ se décompose en un quadrilatère gauche HKH'K' et deux coniques $\Gamma_1$, $\Gamma_2$ ; H et H' sont les points où Σ, S, S' se touchent ; K, K' sont les sommets des deux cônes du second degré circonscrits à S et S' ; $\Gamma_1$ est la section de Σ' par le plan polaire de K vis-à-vis de Σ ; même relation entre $\Gamma_2$ et K'. Tout point A de HK autre que K donne un tétraèdre dégénéré, dont les trois autres sommets sont confondus avec H ; le point K donne $\infty^1$ tétraèdres ayant un sommet commun en K et leur base inscrite dans $\Gamma_1$.

4. Il y a deux autres cas de dégénérescence bien plus difficiles à apercevoir. Si l'on a $c + d = 0$, $ab = c^2$, la courbe Γ dégénère en deux biquadratiques $\Gamma_1$, $\Gamma_2$ ; deux sommets $A_1$, $A_2$ sont sur $\Gamma_1$ et les deux autres sur $\Gamma_2$ ; $A_1$ et $A_2$ se correspondent dans une involution biaxiale qui a pour axes deux arêtes du tétraèdre conjugué commun aux quadriques contenant $\Gamma_1$. Si l'on a $c + d = 0$, $a + b = 0$, on peut réduire les équations à la forme

$$S \equiv x^2 - y^2 + i(z^2 - t^2) = 0, \qquad S' \equiv x^2 - y^2 - i(z^2 - t^2) = 0,$$
$$\Sigma \equiv x^2 + y^2 + z^2 + t^2 = 0, \qquad \Sigma' \equiv -x^2 - y^2 + z^2 + t^2 = 0,$$

dans ce cas Γ dégénère en huit droites; deux sommets $A_1$, $A_2$ sont sur l'une des huit droites et les deux autres $A_3$, $A_4$ sur la droite conjuguée de celle-là vis-à-vis de Σ. Si l'on pose $z = \zeta + i\theta$, $t = \zeta - i\theta$, on peut faire disparaître complètement les imaginaires des équations S, S′, Σ, Σ′, mais les huit droites restent imaginaires.

5. Le problème précédent permet immédiatement de traiter la question suivante : trouver les quadriques S, S′ qui admettent un tétraèdre $A_1A_2A_3A_4$ d'arêtes tangentes à S et S′; il existe alors une quadrique Σ conjuguée par rapport à $A_1A_2A_3A_4$ telle que le point de contact de $A_1A_j (j = 2, 3, 4)$ avec S ait pour plan polaire par rapport à Σ le plan tangent à S′ au point où elle touche $A_kA_l$ et alors S et S′ sont réciproques vis-à-vis de Σ de sorte qu'on retombe sur la configuration qui précède. Il existe *un* et par suite $\infty^1$ tétraèdres d'arêtes tangentes à S et S′ si les racines de l'équation λ relatives à S et S′ vérifient la condition $\Sigma\sqrt{\lambda_i}\sqrt{\lambda_j} = 0$. Mais, parmi les cas exceptionnels, est extrêmement intéressant le couple S, S′ du paragraphe 4, car la transformation homographique à deux paramètres ($x$, $y$, $z$, $t$; $X\operatorname{ch}\alpha + Y\operatorname{sh}\alpha$, $X\operatorname{sh}\alpha + Y\operatorname{ch}\alpha$, $Z\operatorname{ch}\beta + T\operatorname{sh}\beta$, $Z\operatorname{sh}\beta + T\operatorname{ch}\beta$) ne change ni S ni S′, mais change Σ et Σ′, de sorte qu'on obtient cette fois $\infty^3$ tétraèdres, un sommet pouvant être choisi arbitrairement; mais on n'obtient aucun tétraèdre réel. La particularité tient ici à ce fait que S et S′ admettent $\infty^2$ tétraèdres conjugués communs et que pour chaque tétraèdre on obtient $\infty^1$ tétraèdres à arêtes tangentes à S et S′ et conjugués par rapport à une quadrique fixe.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété caractéristique des surfaces de révolution.* Note de M. **Pierre Boos**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Nous avons déterminé [1] les courbes telles qu'une corde faisant un angle constant avec la tangente découpe sur la courbe un arc de longueur constante. Pour généraliser ce résultat nous nous sommes proposé de chercher s'il existe des surfaces analytiques telles qu'un plan sécant découpe sur la surface une calotte dont l'aire ne dépende que de l'angle du plan sécant avec le plan tangent en un point de la section; cette étude conduit au problème plus général suivant : *Déterminer s'il existe sur une surface analytique un point régulier* O *tel qu'un plan sécant,* passant

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1623.

par O et faisant un angle infiniment petit avec le plan tangent en O, *découpe sur la surface une calotte dont l'aire*, infiniment petite avec l'angle des deux plans, *ne varie pas lorsque le plan sécant tourne autour de la normale en* O.

2. Il faut supposer que la surface ne traverse pas son plan tangent. Au voisinage de O la surface peut être représentée par l'équation

$$z = a(\sin^2\varphi\, x^2 + \cos^2\varphi\, y^2) + \ldots \qquad \left(0 < \varphi < \frac{\pi}{2}\right),$$

le plan sécant est représenté par $z = \lambda(y\cos\alpha - x\sin\alpha)$ où l'angle $\alpha$ fixe la position de ce plan autour de la normale en O.

Pour évaluer l'aire de la calotte nous faisons le changement de variables $x = \rho\cos u/\sqrt{2}\sin\varphi$, $y = \rho\sin u/\sqrt{2}\cos\varphi$. La section de la surface est donnée par la relation

$$\frac{\lambda}{2}\,\frac{\sin(u+\alpha)\sin\left(\varphi\ \frac{\pi}{4}\right) + \sin(u-\alpha)\cos\left(\varphi - \frac{\pi}{4}\right)}{\sin\varphi\cos\varphi} = \rho\frac{a}{2} + \rho^2(\ldots),$$

comme $\varphi$ est compris entre 0 et $\pi/2$, $\rho$ est, quel que soit $u$, infiniment petit avec $\lambda$, nous pouvons calculer son développement limité et l'on en déduit que l'aire de la calotte admet un développement limité dont le premier terme est

$$\lambda^2\,\frac{\pi(1 - \cos 2\varphi\cos 2\alpha)}{8a^2\sin^3\varphi\cos^3\varphi}.$$

Pour que ce terme soit indépendant de $\alpha$, il faut que $\varphi$ soit égal à $\pi/4$ donc le point O est nécessairement un *ombilic*.

3. Cette condition nécessaire n'est pas suffisante. Soit en effet

$$z = \frac{k}{2}(x^2 + y^2) + \ldots + P_n(x, y) + \ldots,$$

en désignant par $P_n$ le polynome homogène de degré $n$ qui est le polynome de plus bas degré figurant dans $z$ et qui ne soit pas une puissance de $x^2 + y^2$. Le développement limité de $\rho$ est alors

$$\rho = \lambda\frac{2\sin(u-\alpha)}{k} + \sum_{j=2}^{j<\frac{\pi}{2}} \lambda^{2j-1} a_j \sin^{2j-1}(u-\alpha) - \frac{2^n}{k^n}\sin^{n-1}(u-\alpha)\,P_n(\cos u, \sin u)\,\lambda^{n-1} + \ldots.$$

Or, si $z$ est une fonction de $x^2 + y^2$, il est manifeste que la surface possède la propriété cherchée puisqu'elle est de révolution autour de O$z$; donc dans le développement limité de l'aire le premier terme qui peut dépendre de $\alpha$

est

$$\lambda^n \left[ K - \frac{2^{n+1}}{k^{n+1}} \int_\alpha^{\alpha+\pi} \sin^n(u-\alpha) P_n(\cos u, \sin u)\, du \right], \quad (1)$$

et nous devons chercher les polynomes $P_n$ tels que l'intégrale ci-dessus ne dépende pas de $\alpha$. Nous remarquons que $P_n(\cos u, \sin u)$ peut s'écrire

$$f_n(u) = a_0 + a_1 \cos u + b_1 \sin u + a_2 \cos 2u + b_2 \sin 2u + \ldots + a_n \sin nu + b_n \cos nu,$$

tous les coefficients dont les indices ne sont pas de la même parité que $n$ sont nuls.

L'intégrale $\int_0^\pi \sin^n x f_n(x+\alpha)\, dx$ étant indépendante de $\alpha$, ses dérivées sont toutes nulles. Donc toutes les intégrales de la forme

$$\int_0^\pi \sin^{n-2j} x f_n(x+\alpha)\, dx$$

sont indépendantes de $\alpha$. On en déduit, en donnant à $j$ les valeurs décroissantes successives à partir de $n/2$ (ou $n-1/2$) que tous les coefficients $a$ et $b$ sont nuls sauf $a_0$. Donc les polynomes $P_n(\cos u, \sin u)$ sont des constantes, donc les $P_n(x, y)$ sont nuls ($n$ impair) ou égaux à des puissances de $x^2+y^2$ ($n$ pair). Donc :

*S'il existe sur une surface analytique un point régulier possédant la propriété énoncée au paragraphe premier, la surface est de révolution autour de la normale en ce point.*

4. On peut calculer la valeur de l'intégrale qui figure dans l'expression (1) par un autre procédé. Pour exprimer qu'elle est indépendante de $\alpha$ on doit alors considérer quatre systèmes d'équations linéaires. D'après les résultats précédents ces systèmes n'admettent qu'une seule solution; donc *leurs déterminants ne sont pas nuls.* Ces déterminants, dont l'étude directe paraît difficile, sont tous symétriques; les éléments situés sur une parallèle à la diagonale principale sont égaux; les trois premiers sont d'ordre $m+1$; le quatrième s'obtient en supprimant la dernière ligne et la dernière colonne du troisième. Les éléments de la première ligne, colonne $j+1$, sont respectivement :

$$\frac{C_{2m}^{m+j}}{C_{4m+1}^{2m+2j+1}}, \quad \frac{C_{2m}^{m+j}}{C_{4m+1}^{2m+2j}}, \quad \frac{C_{2m-1}^{m+j-1}}{C_{4m-1}^{2m+2j-1}}.$$

La considération des mêmes systèmes linéaires montre que l'expression

$$\frac{C_{2m}^{2j}}{C_m^j} \sum_{p=0}^{m} C_m^p \frac{C_{2m-1}^{m-j+p-1}}{C_{4m-1}^{2m-2j+2p-1}} \qquad (0 \leqq j < m)$$

est indépendante de $j$. Sa valeur est

$$2^{2m}\frac{C_{2m-1}^{m-1}}{C_{4m-1}^{2m-1}} = 1 + \sum_{p=1}^{m} C_m^p \frac{C_{2m-1}^{p-1}}{C_{4m-1}^{2p-1}},$$

résultat qu'il serait intéressant d'établir directement.

5. Le résultat du paragraphe 2 démontre un résultat d'ailleurs facile à établir directement : *les sphères sont les seules surfaces analytiques telles que l'aire de la calotte découpée par un plan sécant ne dépende que de l'angle du plan sécant et du plan tangent en un point de la section.*

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'équation du photon.* Note (¹) de M. **K. Nikolsky**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans cette Note je montre comment on peut, grâce au système des unités hypercomplexes, généraliser le résultat de M. Louis de Broglie sur l'équation du photon (²).

D'après l'hypothèse due à M. Louis de Broglie, nous définirons les champs électromagnétiques $\mathcal{H}$ et $\mathcal{E}$ associés au photon par les formules

$$(a) \qquad \mathcal{H}_\mu = \varphi^+ \alpha_\mu \varphi, \qquad \mathcal{E}_\nu = \varphi^+ \beta_\nu \varphi.$$

c'est-à-dire par des formes bilinéaires.

A ces tentatives on peut faire l'objection que les expressions $\mathcal{E}_\mu$ et $\mathcal{H}_\mu$, ainsi obtenues, ne satisfont plus aux équations de Maxwell.

Ces objections montrent que, pour rechercher la possibilité de la forme ($a$), on doit appliquer l'équation de la forme de Dirac

$$(b) \qquad \tau_0 \frac{\partial \varphi}{\partial x_0} + \tau_1 \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} + \tau_2 \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} + \tau_3 \frac{\partial \varphi}{\partial x_3} = 0,$$

mais avec des matrices $\tau_\mu$, qui se distinguent des matrices de Dirac.

Considérons le système de matrices

$$(c) \qquad \tau_0 = (e_1 + e_2) \times 1, \qquad \tau_\mu = e_1 \times \sigma_\mu + e_2 \times \rho_\mu \qquad (\mu = 1, 2, 3),$$

où $\times$ représente le symbole de multiplication extensif (direct).

Nous supposerons pour le système ($c$) les propriétés suivantes :

$$(d) \quad \begin{cases} \sigma_\mu^2 = -1, \quad \rho_\mu^2 = -1; \quad \rho_1\rho_2 = \rho_3, \quad \sigma_1\sigma_2 = \sigma_3; \\ e_i\rho_k = \rho_k e_i, \quad e_i\sigma_k = \sigma_k e_i, \quad e_1^2 = e_3; \quad e_2^2 = -e_3; \quad e_1 e_2 = e_2 e_1 = 0. \end{cases}$$

(¹) Séance du 23 mai 1934.

(²) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 862.

Le système $e_1$, $e_2$, $e_3$ n'est autre que le système ($IV_b$) dans le tableau des formes irréductibles d'ordre quatre de E. Study et E. Cartan (¹).

Les coefficients de matrices $e_1$, $e_2$, $e_3$ seront définis par les valeurs

$$(e_1)_{12}=(e_1)_{42}=1, \quad (e_1)_{ik}=0; \quad (e_2)_{31}=1, \quad (e_2)_{43}=-1, \quad (e_2)_{ik}=0;$$
$$(e_3)_{41}=1, \quad (e_3)_{ik}=0.$$

Les équations conjuguées s'écrivent

$$(e) \qquad -\frac{\partial\varphi^+}{\partial x_0}\tau_0+\frac{\partial\varphi^+}{\partial x_1}\tau_1+\frac{\partial\varphi^+}{\partial x_2}\tau_2+\frac{\partial\varphi^+}{\partial x_3}\tau_3=0.$$

Si nous multiplions les équations ($b$) et ($e$) par $\varphi^+\tau_\nu$ et $\tau_\nu\varphi$, nous obtenons

$$(f_1) \qquad -\frac{\partial\varphi^+}{\partial x_0}\tau_0\tau_\nu\varphi-\frac{\partial\varphi^+}{\partial x_\mu}\tau_\nu\tau_\mu\varphi=0,$$

$$(f_2) \qquad \varphi^+\tau_\nu\tau_0\frac{\partial\varphi}{\partial x_0}+\varphi^+\tau_\nu\tau_\mu\frac{\partial\varphi}{\partial x_\mu}=0.$$

Soustrayons ($f_1$) de ($f_2$), il vient (²)

$$(g) \qquad \frac{\partial F}{\partial x_0}+\operatorname{rot}F=0, \qquad \operatorname{div}F=0,$$

où l'on a posé, pour le tenseur,

$$(h) \qquad \varphi^+[e_3\times(\sigma_\nu-\rho_\nu)]\varphi=F_\nu.$$

Posons

$$F_\nu=\varepsilon_\nu+i\varkappa_\nu \qquad (x_0=ict).$$

Il en résulte que les équations ($g$) prennent la forme des équations de Maxwell pour le vide.

En résumé, les considérations précédentes nous permettent de supposer que l'équation ($b$) peut être interprétée comme l'équation d'onde pour un corpuscule de la lumière, d'après une hypothèse de M. Louis de Broglie.

(¹) *Enc. Math.*, édition française, *Nombres complexes*, 1, 5, p. 402.

(²) On aura

$$\tau_\nu\tau_\mu=-\tau_\mu\tau_\nu \quad (\mu,\nu=1,2,3), \qquad \tau_0\tau_\mu=\tau_\mu\tau_0, \qquad \tau_0^2=0, \qquad \tau_\mu^2=0.$$

MAGNÉTISME. — *Sur un nouveau phénomène magnétique : le paramagnétisme croissant superposé au diamagnétisme dans les alliages à faux point de Curie.* Note [1] de M. **Robert Forrer** et Mlle **A. Serres**, transmise par M. Pierre Weiss.

L'un des auteurs a montré [2] qu'on peut rattacher au moyen d'une loi $T = F\sqrt{N}$, la température de fusion (T) à un certain nombre de contacts (N) qui se font entre des orbites d'atomes voisins, situées dans le même plan. F est un facteur peu variable voisin de 300°.

Il est intéressant d'étudier expérimentalement le phénomène de liaison qui a été appelé *contact* sans rien préjuger de sa nature. Les points de fusion qui sont une conséquence de la rupture de ces contacts ne conviennent qu'imparfaitement pour cette étude, parce que la rupture n'est pas le seul phénomène qui se produise à cette température. Il est accompagné d'une rotation des couches extérieures de l'atome, d'un déplacement des atomes, etc.

Pour obtenir le phénomène de la rupture des contacts dans toute sa pureté on peut s'adresser aux alliages à faux point de Curie (laiton $\beta$, CuZn, laiton $\gamma$, $Cu^5Zn^8$, AgZn, CuSn, etc.). Ce sont des alliages qui, sans avoir un moment magnétique, présentent les mêmes anomalies thermiques que les ferromagnétiques [3]. Ces alliages possèdent en effet au-dessus comme au-dessous de ce faux point de Curie $\Theta$ le même réseau cristallin. Au-dessous de $\Theta$ la liaison par contact est rigide, la compensation du moment des orbites se fait d'une manière analogue à celle qui existe dans les couches profondes de l'atome. On observe donc un diamagnétisme constant. Au-dessus de $\Theta$, c'est-à-dire après la rupture des contacts, on doit admettre une certaine persistance de la tendance à faire des contacts. Cette tendance s'atténue quand la température s'élève. Les orbites qui deviennent de plus en plus libres doivent engendrer un paramagnétisme croissant.

L'expérience a été tentée sur le laiton $\beta$ [CuZn, $\Theta = 464°$ C. ; d'aprés la loi citée on obtient $\overline{N} = 6$, réalisable par 3 orbites ($n = 3$) avec 4 contacts

(1) Séance du 14 mai 1934.

(2) R. Forrer, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 697, 779 et 868; *Bulletin de la Soc. Phys.*, n° **349**, p. 12 S; n° **350**, 1934, p. 27 et 28 S.

(3) R. Forrer, *Journ. de Phys.*, **4**, 1933, p. 427.

($p = 4$) pour l'un des deux atomes, réseau électronique du cube simple]; au-dessous de Θ, le diamagnétisme a, en effet, été trouvé constant ($\chi = -0,19.10^{-6}$). Aux températures supérieures à Θ le diamagnétisme diminue (de 0,005.$10^{-6}$ par 100°) à peu près linéairement avec la température.

Ce phénomène expérimental peut être interprété comme un paramagnétisme croissant superposé au diamagnétisme ainsi qu'il a été prévu. Il a cependant, par sa petitesse, pu échapper aux observateurs.

Le laiton γ, $Cu^5Zn^8$, homogénisé par un recuit prolongé, donne le même phénomène d'une manière beaucoup plus prononcée (voir *fig.* 1).

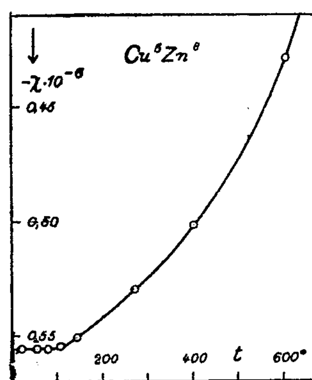



Fig. 1.

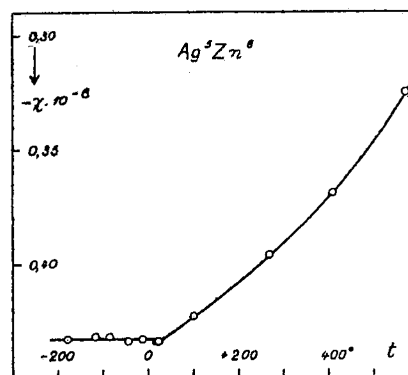



Fig. 2.

Dans AgZn, corps de même structure que le laiton β, CuZn, dont le faux point de Curie est situé plus bas (Θ = 260°C.), le paramagnétisme croissant au-dessus de Θ est deux fois plus grand. On peut observer le diamagnétisme constant à basse température si l'on a soin de conserver, par la trempe, l'état du cube centré, stable à haute température.

Dans la littérature, aucun point d'anomalie correspondant à un faux point de Curie, n'est indiqué pour l'alliage $Ag^5Zn^8$ qui a pourtant la même constitution que $Cu^5Zn^8$. L'étude magnétique a donné au-dessous de 25°C. un diamagnétisme constant et au-dessus un paramagnétisme croissant superposé (voir *fig.* 2). Le faux point de Curie, relevé de cette façon, est donc situé à la température ordinaire; il a par cela échappé à l'observation thermique.

L'expérience a donc fourni le paramagnétisme croissant soupçonné. Il est d'autant plus faible que le faux point de Curie est plus élevé. D'après la loi des points de Curie et des points de fusion $T = F\sqrt{N}$, un point de

Curie élevé signifie qu'il y a un grand nombre de contacts par atome, l'énergie de liaison est donc d'autant plus grande : le paramagnétisme croissant doit être d'autant plus faible. Mais l'importance de ce paramagnétisme croissant peut aussi dépendre, d'une manière encore inconnue, de la position des orbites qui cherchent à réaliser les contacts, position qui dépend d'ailleurs du type du réseau cristallin.

MAGNÉTISME. — *Sur la magnéto-chimie du rhénium : rhénium métallique et rhénium heptavalent.* Note [1] de MM. **Nicolas Perakis** et **Léandre Capatos**, transmise par M. Pierre Weiss.

I. MM. W. Albrecht et Wedekind [2] ont trouvé pour le coefficient d'aimantation du rhénium métallique, à 18°, $0{,}046.10^{-6}$ et nous [3] la valeur huit fois plus élevée $0{,}369.10^{-6}$, à 20°. Cette valeur, nous l'avons retrouvée aux températures de —23° et —79°, montrant ainsi que le rhénium possède, entre 20° et —79°, un paramagnétisme indépendant de la température.

II. De nouvelles mesures sur ce même échantillon de rhénium et sur un autre échantillon ont confirmé le résultat de nos anciennes mesures. Ces deux échantillons de rhénium métallique nous ont été fournis, avec certificats d'analyse, le premier, par J. D. Riedel-E. de Haën, le second, par Kahlbaum.

III. Nous avons obtenu [4], par oxydation, deux échantillons d'heptoxyde de rhénium, $Re^2O^7$. Leur étude magnétique a donné le même résultat. Voici, à trois différentes températures, les valeurs du coefficient d'aimantation de $Re^2O^7$ :

$$\chi^{20^\circ} = -0{,}032.10^{-6}, \qquad \chi^{-23^\circ} = -0{,}033.10^{-6}, \qquad \chi^{-78^\circ} = -0{,}021.10^{-6}.$$

L'approximation de ces résultats est $\pm 0{,}01$.

L'heptoxyde de rhénium est donc faiblement diamagnétique ; son diamagnétisme rapporté à la molécule-gramme est

$$\chi_{Re^2O^7} = -0{,}032.10^{-6} \times 484{,}6 = -15{,}7.10^{-6} \quad (\pm 4{,}8).$$

(1) Séance du 23 mai 1934.

(2) *Naturwiss.*, **19**, 1931, p. 20.

(3) N. Perakis et L. Capatos, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 611.

(4) Biltz, Lehrer et Meisel, *Nachricht. Ges. Wiss.*, **191**, 1931, p. 98.

Nous corrigerons ce résultat du diamagnétisme de l'ion O en prenant pour $\chi_{O^7}$ la valeur $-4,6.10^{-6}\times 7 = -32,2.10^{-6}$. On aurait ainsi pour les coefficients d'aimantation atomique et spécifique :

$$\chi_{Re^{VII}} = \frac{32,2-15,7}{2}10^{-6} = 8,2.10^{-6} \quad \text{et} \quad \chi = 0,044.10^{-6}.$$

Par suite, le rhénium heptavalent possède un paramagnétisme indépendant de la température égal à celui du rhénium métallique ou environ huit fois plus faible, suivant que l'on adopte la valeur de MM. Albrecht et Wedekind ou la nôtre.

IV. Le $Re^2O^7$ a été transformé en perrhénate d'ammonium ($ReO^4NH^4$), lequel a été réduit par l'hydrogène à haute température. Le produit ainsi obtenu nous a donné comme coefficient d'aimantation $0,38.10^{-6}$, ce qui montre bien que nous sommes revenus pratiquement à la substance ($0,37.10^{-6}$) qui a servi à la préparation de $Re^2O^7$.

Ainsi, du point de vue magnétique, il n'y a guère de différence entre la substance que nous avons obtenue par réduction du perrhénate d'ammonium et celles qui nous ont été fournies par les Maisons plus haut citées. Ces substances seraient du rhénium très pur. Rien ne nous permet d'affirmer (¹) qu'il en soit de même de la substance que nous avons obtenue à partir de $Re^2O^7$.

V. Nous avons étudié les perrhénates de potassium et d'ammonium où le rhénium est, comme dans $Re^2O^7$, à l'état heptavalent (²). Nous avons trouvé pour les coefficients d'aimantation de ces deux sels (³)

$$\chi = -0,119.10^{-6} \quad \text{et} \quad \chi = -0,150.10^{-6},$$

et pour les coefficients moléculaires

$$\chi_{ReO^4K} = -0,119.10^{-6}\times 289,4 = -34,4.10^{-6} \quad (\pm 2,3),$$

et

$$\chi_{ReO^4NH^4} = -0,150.10^{-6}\times 268,3 = -40,2.10^{-6} \quad (\pm 1,6).$$

Ces valeurs restent invariables entre 19° et — 79°.

---

(¹) La réduction par l'hydrogène à chaud, des perrhénates de sodium ou d'ammonium donnerait une substance de composition voisine de $ReO^2$ (P. Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 9, 1933, p. 617-637).

(²) $ReO^4K$ nous a été fourni par la Maison Kahlbaum, tandis que $ReO^4NH^4$, nous l'avons préparé nous-mêmes à partir de l'heptoxyde de rhénium.

(³) MM. Albrecht et Wedekind trouvent pour le coefficient d'aimantation de $ReO^4K$ $-0,13.10^{-6}(\pm 0,05)$, au lieu de $-0,119.10^{-6}(\pm 0,008)$ que nous trouvons.

Pour dégager de ces résultats la valeur du paramagnétisme de l'ion $Re^{VII}$, nous avons mesuré les coefficients d'aimantation des sels $ClO^4K$ et $ClO^4NH^4$, lesquels rapportés à la molécule-gramme sont :

$$\chi_{ClO^4K} = -0,347.10^{-6} \times 138,5 = -48,1.10^{-6}$$

et

$$\chi_{ClO^4NH^4} = -0,398.10^{-6} \times 117,5 = -46,8.10^{-6}.$$

Ces valeurs étant données, nous pouvons écrire les relations suivantes :

$$\chi_{ReO^4K} - \chi_{ClO^4K} = \chi_{Re^{VII}_{(ReO^4K)}} - \chi_{Cl^{VII}} = (48,1 - 34,4).10^{-6} = 13,7.10^{-6}$$

et

$$\chi_{ReO^4NH^4} - \chi_{ClO^4NH^4} = \chi_{Re^{VII}_{(ReO^4NH^4)}} - \chi_{Cl^{VII}} = (46,8 - 40,2).10^{-6} = 6,6.10^{-6}.$$

Le rhénium étant à l'état heptavalent dans ces deux combinaisons, si leurs formules chimiques étaient exactes, les seconds membres de ces deux équations devraient être les mêmes, ce qui n'est pas. Il s'ensuit donc que dans ces deux combinaisons ou le paramagnétisme du rhénium n'est pas le même ou la formule de l'un d'entre eux est inexacte. On pourrait supposer que le perrhénate de K contient plus de rhénium heptavalent que le perrhénate de $NH^4$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence de la polarisation sur les effets des photocellules électrolytiques au sélénium.* Note [1] de MM. **René Audubert** et **Jean Roulleau**, présentée par M. G. Urbain.

Les phénomènes photovoltaïques sont liés à la valeur de la différence de potentiel électrode-liquide : lorsque le photopotentiel est positif une polarisation négative de la lame augmente l'effet, tandis qu'une polarisation positive le diminue jusqu'à l'annuler. L'un de nous a montré [2] que les caractéristiques photovoltaïques (courbes représentant la variation de l'effet, en fonction de la polarisation) sont différentes suivant que les processus mis en jeu sont électroniques ou photoélectrochimiques; dans ce dernier cas le potentiel pour lequel l'effet est nul est indépendant de la fréquence alors que lorsqu'il s'agit de phénomènes électroniques les caractéristiques obtenues pour plusieurs longueurs d'onde ne sont pas concourantes.

---

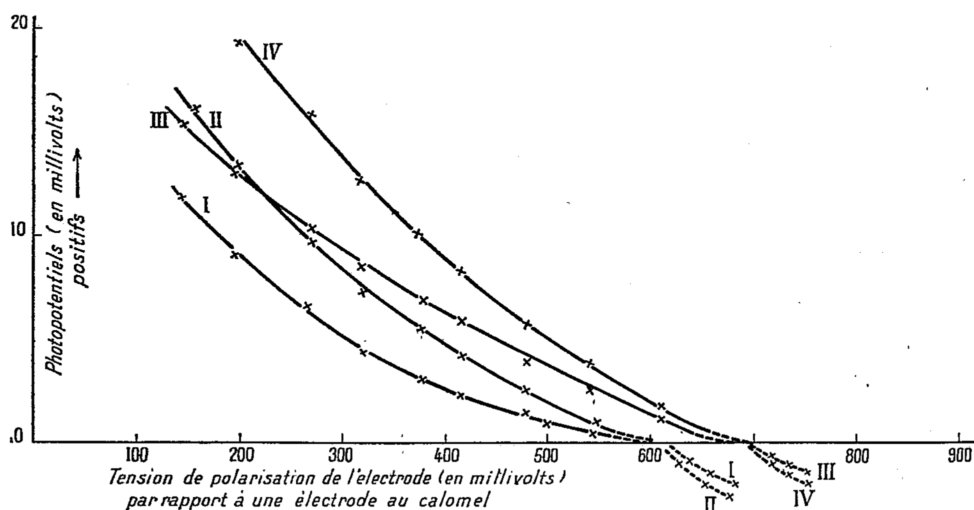
(1) Séance du 23 mai 1934.

(2) R. Audubert, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 475.

Dans une Note précédente (¹) nous avons étudié les principales propriétés des photoélectrodes à sélénium et montré que l'influence de la nature des électrolytes et de l'intensité de la lumière incidente conduit à penser que le processus suivant lequel la lumière agit est de nature électronique.

On trouve une confirmation de ces conclusions en déterminant les caractéristiques de ces électrodes pour plusieurs longueurs d'onde.

Les électrodes étudiées étaient constituées par des lames de platine




Chaîne Pt — Se — $SO^4H^2$ M/100 — KCl sat — $Hg^2Cl^2$.
I et II, lumière filtrée à travers un écran rouge, à deux intensités différentes;
III et IV, lumière filtrée à travers un écran bleu, à deux intensités différentes.

recouvertes d'une couche de sélénium rendu photosensible par traitement thermique. Le photopotentiel est positif, on constate effectivement qu'une polarisation positive le diminue; lorsque cette dernière croît, l'effet, après s'être annulé, change de sens.

Le photopotentiel négatif peut être uniquement dû au passage d'électrons à travers la couche de barrage postérieure sélénium-platine. On ne peut songer à un effet thermique, car celui-ci ne pourrait donner lieu qu'à un accroissement de l'effet positif. Nous avons, en effet, mesuré le pouvoir thermoélectrique de l'élément Pt/Se/liquide et observé qu'il est dans le sens d'un photopotentiel positif. En substituant un thermomètre à la lame

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1489.

de Se, on mesure l'effet thermique du rayonnement, d'où l'on calcule une variation de potentiel beaucoup plus petite que celle produite par la lumière.

Si l'on construit les caractéristiques pour des éclairements de différentes compositions spectrales obtenues en filtrant le rayonnement d'une lampe 1000 watts (tungstène, azote) par des écrans colorés présentant d'étroites bandes de transmission, on vérifie, comme le montre la figure, que le potentiel pour lequel l'effet est nul est, aux erreurs d'expériences près, lié à la fréquence moyenne du rayonnement et indépendant de l'intensité de la lumière incidente.

Ces résultats et ceux déjà publiés établissent donc que le passage, sous l'action de la lumière, d'un électron du métal au liquide est possible, alors que, dans le cas d'électrodes d'oxyde cuivreux, ce même processus ne joue qu'un rôle secondaire; or le sélénium et l'oxyde cuivreux présentent tous deux ces effets dans les photocellules solides à couche d'arrêt; s'ils se comportent différemment au contact d'un liquide c'est que l'électrode de Se est polarisable, tandis que ce n'est pas le cas du $Cu^2O$. Volmer et W. Moll (¹) ont en effet montré que le sélénium, en milieu acide, fonctionne comme une électrode inattaquable; s'il y a donc phénomène photo-électrochimique dû à une photolyse de l'eau, il ne peut être que très faible, du même ordre de grandeur que ceux des électrodes inaltérables (or ou platine).

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'adhérence des dépôts électrolytiques de cuivre.* Note de M. **P. Jacquet**, transmise par M. G. Urbain.

La méthode de mesure que nous avons décrite (²) nous a permis d'étudier systématiquement l'adhérence du cuivre déposé sur acier nickelé. Les résultats suivants ont été obtenus :

1° *Influence de l'état de surface du support.* — L'adhérence du cuivre sur nickel poli est, en général, plus forte que sur le nickel brut d'électrolyse; elle est toujours très faible sur une surface de nickel rayée au moyen de papier émeri fin. Les valeurs correspondant à ces diverses surfaces sont données dans le Tableau I.

(¹) *Z. phys. Chem.*, A, **160**. 1932, p. 331.
(²) *Comptes rendus,* **198**, 1934, p. 1313.

TABLEAU I.

| Surface du nickel. | Adhérence moyenne en grammes. |
|---|---|
| Brut d'électrolyse | 4000 à 6000 |
| Polie | 9000 12000 |
| Rayée | 1200 |

2° L'adhérence des dépôts de cuivre varie beaucoup avec la solution de cuivrage employée, bien que les concentrations en sulfate de cuivre et en acide sulfurique libre restent constantes. A la suite d'un grand nombre d'expériences nous avons constaté que les valeurs d'adhérence sont liées étroitement aux tensions mécaniques présentées par les dépôts au cours de leur formation : ces valeurs sont d'autant plus fortes que les tensions sont plus faibles (Tableau II). D'une manière générale ce parallélisme avait déjà été pressenti, mais n'avait jamais reçu de démonstration expérimentale.

TABLEAU II.

| Déplacement de la cathode en millimètres après 20 minutes d'électrolyse (*). | Adhérence du cuivre sur nickel brut d'électrolyse. |
|---|---|
| 1,46 | 10 900^g |
| 2,48 | 5 700 |
| 5,18 | 550 |

(*) Déterminé au moyen de l'appareil de C. Marie et N. Thon [1].

3° Pour une même solution de sulfate de cuivre contenant de l'acide sulfurique, l'étude parallèle des tensions mécaniques et de l'adhérence des dépôts successifs obtenus dans le même temps montre que la solution électrolytique subit une évolution continue. Une solution, qui correspondait par exemple au début à une tension mesurée par un déplacement de la cathode de $4^{mm},76$, donne, après 70 heures, un déplacement de $2^{mm},90$, en même temps que l'adhérence du dépôt s'élève de 550 à $4800^{g}$. Il semble que cette évolution soit liée à l'accumulation progressive des ions cuivreux dont la formation a été démontrée par Foerster [2].

4° L'examen microscopique de la surface de nickel, après séparation du dépôt obtenu en solution de sulfate de cuivre fortement acide (50 à $100^{g}$ $SO^4H^2$ par litre), montre que dans le cas des dépôts présentant les valeurs

(1) *J. de Chimie physique*, 29, 1932, p. 11.
(2) *Zeitsch. Elektrochem.*, 3, 1897, p. 479.

d'adhérence les plus fortes il reste sur le support des parcelles de cuivre dont les dimensions sont comprises entre 0,01 et $0^{mm},2$. Indépendamment de ces particules visibles directement, on peut, au moyen de ferrocyanure de potassium, mettre en évidence sur la surface du nickel un film continu de cuivre. Seuls les dépôts dont les adhérences sont inférieures à $3000^{g}$ se séparent intégralement de leur support.

5° Dans le cas où il reste une pellicule de cuivre sur le suppart, on peut admettre que la force de traction nécessaire pour séparer le dépôt n'est pas une mesure de sa véritable adhérence puisque la séparation s'effectue à l'intérieur du cuivre et non à la limite support-dépôt. Les dépôts obtenus en solution de sulfate de cuivre peu acide ($5^{g}$ $SO^{4}H^{2}$ par litre) abandonnent sur le support une quantité considérable de cuivre, ce qui indique une fragilité particulière de ces dépôts, fragilité pouvant être due à l'inclusion d'oxyde $Cu^{2}O$ provenant de l'hydrolyse du sel cuivreux formé au cours de l'électrolyse.

Les valeurs numériques et les microphotographies qui justifient ces conclusions seront données dans un autre Recueil.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la réduction du polonium en solution.* Note de MM. **M. Guillot** et **M. Haïssinsky**, transmise par M. Georges Urbain.

L'un de nous [1], par des expériences de syncristallisation, a mis en évidence l'existence de complexes du polonium, dans lesquels ce radioélément prend, suivant les cas, les valences III ou IV. Généralisant ce résultat, il a interprété l'existence de deux potentiels critiques du dépôt cathodique, l'un [2] à $+0^{v},37$ (par rapport à l'électrode normale de calomel), l'autre [3] à $+0^{v},02$, comme correspondant aux décharges respectives de l'ion $Po^{++++}$ et de l'ion $Po^{+++}$.

Cependant nous avons récemment montré [4] que dans le cas de solutions concentrées d'électrolytes divers, le potentiel $+0^{v},37$ était fortement déplacé vers des valeurs plus négatives (jusqu'à $-0^{v},07$), même dans des

---

(1) M. Guillot, *J. Chim. phys.*, 28, 1931, p. 92.

(2) G. Hevesy et F. Paneth, *Wien. Ber.*, 123, 1914, p. 1619.

(3) F. Joliot, *J. Chim. phys.*, 27, 1930, p. 119 (dans l'acide oxalique ou en présence de $H^{2}O^{2}$).

(4) M. Guillot et M. Haïssinsky, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1758.

cas où la réduction a un degré de valence inférieure semble impossible (acide nitrique et nitrate de sodium).

Il nous a donc paru nécessaire de préciser les conditions dans lesquelles on observe, en présence d'acide oxalique et d'eau oxygénée en solution acétique, les potentiels voisins de $0^v,02$ et d'examiner l'action d'autres réducteurs.

*a.* Résultats relatifs à l'*acide oxalique :*

| | |
|---|---|
| Acide oxalique $0,12n$ | $\overset{v}{0},00$ |
| » $1,55n$ (valeur moyenne) | $-0,02$ |
| Acide acétique $0,5n$ + acide oxalique $0,005n$ | $+0,12$ |
| » $0,5n$ + » $0,06n$ | $+0,10$ |
| Acide sulfurique $0,96n$ + acide oxalique $0,01n$ | $+0,22$ à $+0,12$ |

Nos expériences permettent de conclure :

1° qu'une quantité extrêmement faible d'acide oxalique est suffisante pour déplacer fortement le potentiel, tandis que les déplacements signalés dans notre précédente Note ne se produisent qu'en présence de quantités beaucoup plus grandes d'électrolytes;

2° que, toutefois, si l'on augmente la concentration en acide oxalique, ce deuxième effet se superpose au premier;

3° qu'en effectuant l'expérience avec des solutions fraîchement préparées, on observe parfois des potentiels plus positifs (et jamais plus négatifs) qu'avec les mêmes solutions, après quelques jours d'intervalle. De plus, dans le premier cas, les courbes sont le plus souvent déformées, comme si l'on se trouvait en présence de deux ions se déchargeant à deux potentiels différents. Plus la solution est âgée, plus la courbe devient régulière, la portion correspondant à la décharge de l'ion le plus positif ayant disparu.

*b.* L'addition d'une goutte *d'eau oxygénée* à 100 volumes, à $10^{cm^3}$ d'une solution acétique ($0,5n$ ou $1,5n$) de polonium, déplace le potentiel à $+0^v,09$. Cet effet subsiste même après un jour, quand la solution ne donne plus les réactions de l'eau oxygénée. En milieu sulfurique, on observe un déplacement analogue, mais seulement après un certain temps, pendant lequel il se produit vraisemblablement des réactions intermédiaires.

*c.* Une solution sulfurique de polonium additionnée d'une trace *d'hydrazine* et portée à ébullition donne, après refroidissement, le potentiel

$+ 0^v,10$. En solution acétique, le même effet est observé sans chauffage préalable.

*d.* L'*hydroxylamine*, en milieu sulfurique ou acétique, après ébullition de la solution, déplace le potentiel à $+ 0^v,14$ (valeur moyenne).

*e.* Une trace de *nitrite de sodium*, en milieu nitrique 0,1 *n*, paraît être sans action immédiate. Avec une concentration de nitrite égale ou supérieure à 0,2*n*, et en mesurant immédiatement le potentiel, on obtient la valeur $- 0^v,02$. Après quelques heures, le dépôt électrolytique est supprimé, le polonium étant précipité (résultat confirmé par des expériences de centrifugation).

*f.* L'*acide formique* et le *formol*, en milieu *acide* (à froid), sont sans action sur le potentiel. Par contre, le *formol*, en milieu *alcalin*, précipite le polonium, vraisemblablement à l'état métallique. On observe enfin, en milieu acide, une précipitation immédiate avec l'*hydrosulfite* de sodium, lente avec l'*acide hypophosphoreux*.

L'ensemble de ces résultats montre que, même quand la possibilité de changements macroscopiques de composition de la solution est exclue, de forts déplacements du potentiel peuvent se produire et subsister, ce qu'on ne peut attribuer qu'à des transformations des ions formés par le polonium lui-même. La formation de complexes ne peut pas rendre compte de tous les effets observés. Il nous semble que le plus simple est d'attribuer les forts déplacements du potentiel, provoqués par l'addition de faibles quantités de corps jouissant de propriétés réductrices (hydrazine, hydroxylamine, acide oxalique, eau oxygénée en milieu acide), à la réduction des ions normaux du polonium, à un degré de valence inférieur.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les transformations de la pyrrhotine et du sulfure ferreux.* Note [1] de MM. **A. Michel** et **G. Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La transformation magnétique de la pyrrhotine, vers 320°, étudiée par Weiss et Kunz [2], Ziegler [3] et Chevenard [4], est considérée comme

(1) Séance du 14 mai 1934.

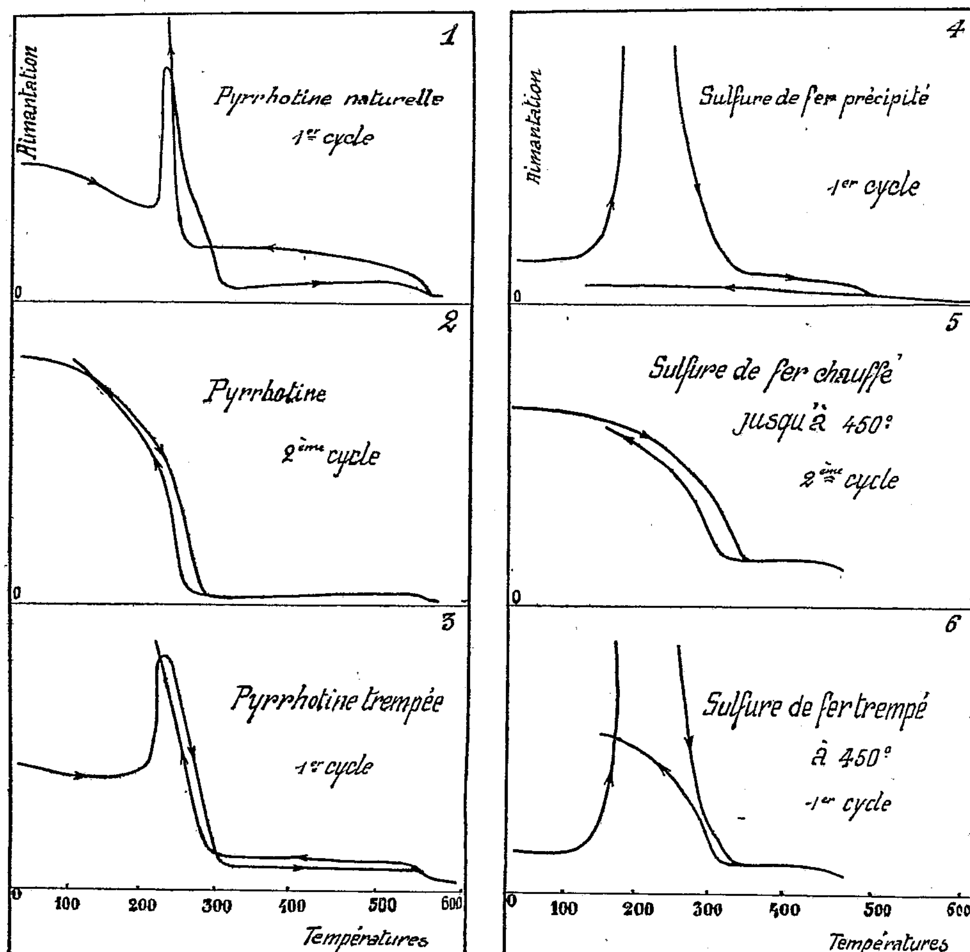
(2) Weiss, *Journ. Phys.*, 4e série, **4**, 1905, p. 469 et 829; Weiss et Kunz, *Journ. Phys.*, 4e série, **4**, 1905, p. 844.

(3) *Thèse Zurich*, 1915.

(4) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 320.

due à un changement de phase analogue à la modification d'état $Fer_\alpha \rightleftharpoons Fer_\gamma$; le point de Curie de la variété stable à la température ordinaire se trouverait, d'après Ziegler (*loc. cit.*), au delà du point de transformation, à 329°.

Nous avons, dans ce travail, mis en évidence, par l'analyse thermomagnétique, la proprieté de prendre la trempe que possède la variété stable au-dessus de 320°; ce fait est du reste en accord avec l'hypothèse d'une véritable transformation allotropique. Nous avons constaté, par la méthode de Debye-Sherrer qu'il n'y avait pas de modifications essentielles dans le type structural décrit par Alsen. Nous avons retrouvé le même phénomène dans le sulfure de fer artificiel soit pur, soit en solution solide.



L'échantillon de pyrrhotine que nous avons étudié avait pour composition moyenne : FeS + 1,6 pour 100 de S; le sulfure de fer artificiel est obtenu par précipitation à partir du sel de Mohr par un sulfure alcalin, le précipité est lavé à l'abri de l'air puis séché à 110° dans un courant d'hydrogène. Enfin toutes les analyses thermomagnétiques ainsi que tous les traitements thermiques étaient effectués sur des échantillons placés dans des tubes scellés vides d'air.

Sur la figure ci-contre, nous indiquons les principaux types de courbes thermomagnétiques. La pyrrhotine naturelle se transforme rapidement dès 200° (courbe n° 1) et donne la variété stable ferromagnétique à la température ordinaire, la courbe n° 2 montre la transformation réversible qui se termine vers 300°. On obtient par trempe, de la variété stable à 450°, la courbe n° 3 qui est presque semblable à la courbe n° 1. Le tableau suivant indique les paramètres cristallins des échantillons après les différents traitements thermiques.

Tableau.

| Traitement subi. | Pyrrhotine. | | FeS artificiel. | |
|---|---|---|---|---|
| | *a.* | *c.* | *a.* | *c.* |
| État initial (métastable)........ | 3,41 | 5,72 | microcristallin | |
| Recuit entre 240° et 450° (stable et ferromagnétique)............. | 3,47 | 5,84 | 3,47 | 5,84 |
| Trempé de 450° (métastable)..... | 3,40 | 5,70 | 3,40 | 5,70 |

Comme l'indique ce tableau et les courbes thermomagnétiques n[os] 4, 5 et 6, le sulfure de fer subit des modifications tout à fait comparables à celles de la pyrrhotine; toutefois si l'on porte le sulfure de fer à une température supérieure à 480° (voir courbe n° 4), ce corps se transforme irréversiblement en une variété non magnétique présentant des paramètres beaucoup plus petits que les précédents : $a = 3{,}36$ Å et $c = 5{,}65$ Å.

Dans un Mémoire plus étendu, nous montrerons que l'on retrouve ces phénomènes dans les solutions solides des systèmes du type FeS-S et FeS-Fe, ainsi que dans ceux qui en dérivent par remplacement du soufre par le sélénium ou l'arsenic et du fer par le nickel et le cobalt.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Une microméthode pour le dosage de l'eau lourde.* Note [1] de MM. **P. Goldfinger** et **L. Scheepers**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons entrepris la préparation de l'eau lourde (oxyde de deutérium, $D_2O$) par électrolyse de solutions aqueuses de NaOH suivant le principe de G. N. Lewis et R. T. Macdonald [2].

Grâce au produit de cette préparation, différentes recherches sont entreprises, qui nécessitent une méthode de dosage sensible et précise applicable à de très faibles quantités d'eau. Nous avons employé le principe de déterminer la température de flottement d'un flotteur d'après Lewis et Macdonald (*loc. cit.*), mais en transformant cette méthode en microméthode pour 0,1 à $0^{cm^3},2$ (le flotteur de Lewis et Macdonald avait $10^{cm^3}$). La méthode que nous avons développée nous semble d'un emploi commode et rapide et nous nous en servons aussi pour poursuivre la marche de l'électrolyse, même aux stades où des quantités considérables d'eau sont à notre disposition. Comparée aux autres microméthodes [3], excepté celle de Gilfillan et Polanyi, elle a l'avantage de ne pas nécessiter des installations coûteuses.

Soient $d_0$ la densité du flotteur, $d_t$ et $D_t$ les densités de l'eau ordinaire et de l'eau lourde et $x$ la proportion de cette dernière, en excès sur la teneur normale (1/6000 environ), on a $(1-x)d_t + xD_t = d_0$, par conséquent

$$x = \frac{d_0 - d_t}{D_t - d_t}.$$

Nous négligeons le petit facteur de non-additivité [4] de la densité des mélanges de $D_2O + H_2O$, ainsi que la variation de densité du flotteur. Les valeurs de $D_t$ de Lewis et Macdonald [5] ne sont pas très précises,

---

(1) Séance du 14 mai 1934.

(2) *J. of Chem. Physics*, 1, 1933, p. 341; H. Eyring, H. S. Taylor et A. A. Frost, *J. of Chem. Physics*, 1, 1933, p. 823; P. Harteck, *Proc. phys. Soc.*, 46, 2, n° 253, 1934; Washburn, Smith et Frandsen, *Bur. of Stand. J. of Res.*, 11, 1933, p. 453.

(3) Crist, Murphy et Urey, *J. Amer. Ch. Soc.*, 55, 1933, p. 5060; *J. of Chem. Physics*, 2, 1934, p. 112; Gilfillan et Polanyi, *Z. ph. Chem.*, A, 166, 1933, p. 255; A. Farkas et L. Farkas, *Proc. Roy. Soc.*, A, 144, 1934, p. 467.

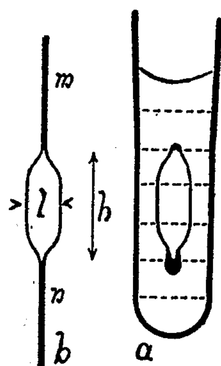
(4) D. B. Luten jr., *Phys. Rev.*, 2e série, 45, 1934, p. 162.

(5) *J. amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 3057.

d'après les auteurs eux-mêmes, mais cela n'a pas d'influence sensible sur la concentration relative.

La partie essentielle de l'appareil est un flotteur en pyrex d'une hauteur *h* de 3-5$^{mm}$ et d'une largeur *l* de 0,5 à 1$^{mm}$ (voir figure).

On souffle d'abord une fiole (*b*) ayant aux deux extrémités des prolongements *m* et *n* de quelques centimètres de longueur et d'environ 0$^{mm}$,1 d'épaisseur. En cassant quelques millimètres d'une de ces pointes, par exemple *m*, ou en collant sur *n* au chalumeau de petits morceaux de verre pyrex, on le fait flotter verticalement dans une solution de densité connue.




Le réglage fin se fait en usant la pointe *m* à l'émeri; enfin on arrondit les pointes au chalumeau.

Le flotteur est placé dans un tube gradué (*a*) de 3$^{mm}$ de diamètre intérieur à parois peu épaisses pour permettre un échange rapide de chaleur. L'eau est introduite dans l'appareil par distillation d'une fiole à rodage, refroidie à —180°C. et évacuée à $10^{-4}$ mm de Hg; l'eau est condensée à —180°C. dans le pycnomètre. On évite ainsi tout transvasement.

On remplace le bain réfrigérant du tube de mesure par un récipient contenant de l'eau, muni d'un dispositif de chauffage, de réfrigération, d'un agitateur et d'un thermomètre. Pour la mesure on maintient la température constante pendant quelques minutes et l'on observe avec une loupe l'ascension ou la descente du flotteur repérée sur la graduation du tube. Le flotteur montant à une température $t_1$ et descendant à une température $t_2$, on diminue l'écart de ces limites de manière qu'il atteigne la valeur la plus faible possible, soit pour un temps d'observation de 1 à 2 minutes, $t_2 - t_1 = 0°,1$ ou $0°,2$, la température de flottement indiquée dans le tableau est égale à $t_1 + t_2/2$.

*Flotteur pour* 0 *à* 10 *pour* 100 *de* $D_2O$.

| Essai sur de l'eau bidistillée. | $\frac{t_1+t_2}{2}$. | $d_0.10^5$. |
|---|---|---|
| 1. Redistillée 1 fois | $17°,55\pm0°,05$ | $99870\pm1$ |
| 2. Redistillée 3 fois | $17,58\pm0,06$ | $99870\pm1$ |
| 3. » | $17,58\pm0,04$ | $99869\pm1$ |

| Essais au cours d'une électrolyse. | $\frac{t_1+t_2}{2}$. | $(d_0-d_t).10^5$. | $(D_t-d_t).10^4$. | $x$ pour 100. |
|---|---|---|---|---|
| 4. 1re concentration. | $18°,30\pm0°,05$ | $14\pm2$ | 1084 | $0,13\pm0,02$ |
| 5. 1re » | $18,32\pm0,06$ | $14\pm2$ | 1084 | $0,13\pm0,02$ |
| 6. 2e » | $18,72\pm0,06$ | $22\pm2$ | 1084 | $0,20\pm0,02$ |
| 7. 2e » | $18,80\pm0,08$ | $23\pm2,5$ | 1084 | $0,21\pm0,025$ |
| 8. 3e » | $22,35\pm0,05$ | $122\pm2,2$ | 1082,5 | $1,12\pm0,02$ |
| 9. 4e » | $49,60\pm0,30$ | $1045\pm14$ | 1073 | $9,70\pm0,10$ |
| 10. 4e » | $49,38\pm0,07$ | $1032\pm4$ | 1073 | $9,64\pm0,04$ |

En résumé, nous déduisons du tableau que la méthode du petit flotteur donne, avec 0,1 à $0^{cm^3},2$ d'eau, des valeurs de la concentration de l'eau lourde reproductibles à quelques centièmes près et permet de déceler avec cette précision quelques millièmes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le diagramme : nitrite de sodium, eau. L'hydrate* $NO^2Na.0,5H^2O$. Note (1) de M. **Jean Bureau**, présentée par M. G. Urbain.

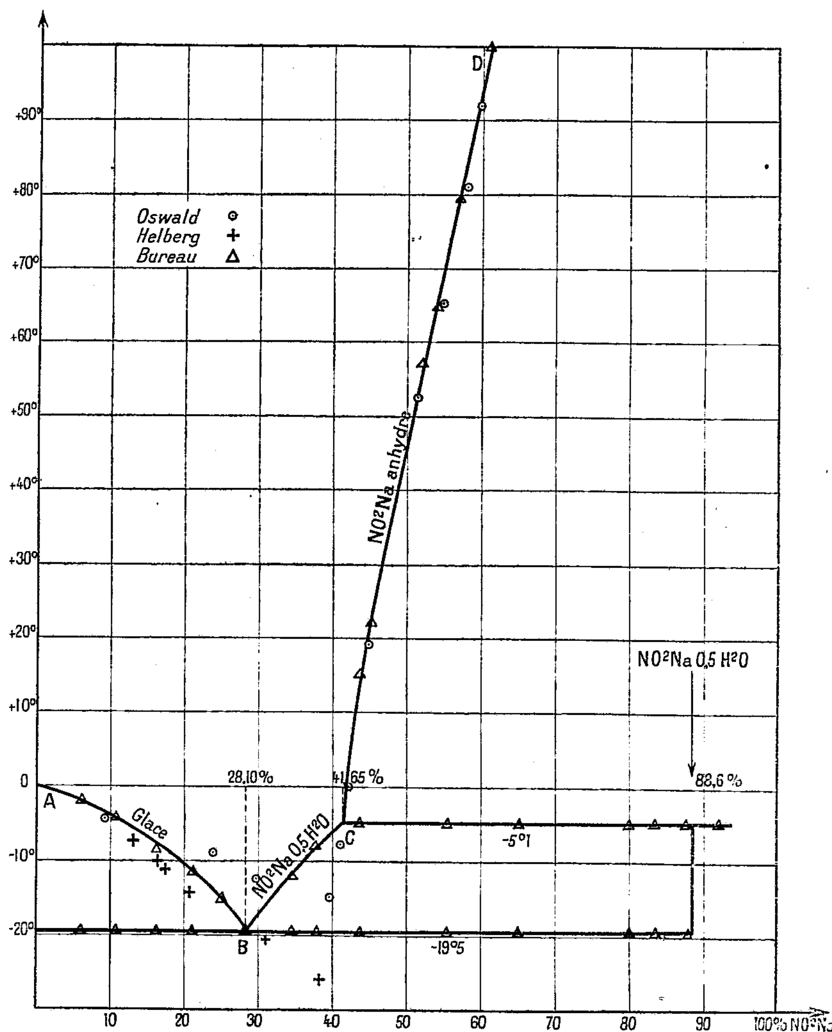
On doit à Marcel Oswald (2) le premier diagramme binaire complet $NO^2Na$, $H^2O$ sous pression atmosphérique. Ce diagramme ne met en évidence aucun hydrate. Les chiffres relatifs à la branche de dépôt du nitrite de sodium anhydre semblent définitivement établis. Par contre Harold Helberg (3), reprenant les déterminations de solubilités dans la région de dépôt primaire de la glace, aboutit à des résultats très différents : il en conclut que les dépressions moléculaires des solutions de nitrite de sodium sont conformes aux dépressions moléculaires des composés binaires, les nitrates exceptés. Oswald et Helberg situent respectivement comme

(1) Séance du 23 mai 1934.
(2) *Annales de Chimie*, 9e série, 1, 1914, p. 32.
(3) *Annales de Chimie*, 10e série, 4, 1925, p. 121.

suit le point eutectique, obtenu par intersection des branches de courbes :

| | | |
|---|---|---|
| *t* eutectique .................. | —15°,5. | —26°. |
| $NO^2Na$ (%) ..................... | 39,7 | 38,0 |

Disposant d'un nitrite de sodium pur (99,9 pour 100, d'après le dosage




de l'azote, 99,9 pour 100 d'après le dosage du sodium; point de fusion corrigé 282°), nous avons repris la détermination de l'équilibre jusqu'à 100° : par l'analyse thermique jusqu'à 25°, par la méthode classique des solubilités de 25° à 100°.

De 0° à 100°, les chiffres d'Oswald sont sensiblement confirmés par les nôtres reproduits ci-dessous en y joignant les densités des solutions saturées à $t^{0}$ par rapport à l'eau à $t^{0}$. Ces densités, qui n'ont jamais été déterminées à notre connaissance, ont été obtenues par la méthode du picnomètre capillaire.

| $t^{0}$. | $NaNO^{2}$ %. | $d_{t^0}^{t^0}$. |
|---|---|---|
| 99°,9 | 61,5 | 1,514 |
| 79,5 | 56,95 | 1,455 |
| 64,7 | 54,07 | 1,422 |
| 56,8 | 52,00 | 1,408 |
| 22,0 | 45,07 | 1,350 |
| 15,0 | 43,7 | » |

Au-dessous de 0°, l'étude thermique a permis de fixer les coordonnées de l'eutectique B et d'un point de transition C jusqu'ici inconnu. Les températures du palier eutectique et du palier péritectique ont été déterminées directement à l'aide d'un thermomètre contrôlé; les compositions des phases liquides en équilibre à ces températures, ont été déterminées par prélèvement de la solution pendant les transformations invariantes. L'ensemble des déterminations est donné dans le tableau ci-dessous :

| $NaNO^{2}$ (%) | 5,92 | 10 | 16,30 | 21 | 25,0 | B 28,10 | 28,21 | 34,5 | 37,8 | C 41,65 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dépôt primaire. | −2°8 | −3°8 | −8°7 | −11°5 | −15°2 | eutect. | » | −12°0 | −7°6 | −5°1 |
| Solidificat. tot. | −19°5 | −19°4 | −19°5 | −19°4 | −19°5 | −19°5 | −19°5 | −19°5 | −19°3 | −19°5 |

| $NaNO^{2}$ (%) | C 41,65 | 43,7 | 55,5 | 65 | 79,8 | 83,5 | 87,8 | 92,3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Transf. péritectique | −5°1 | −4°7 | −5°0 | −5°0 | −5°1 | −5°1 | −5°1 | −5°1 |
| Solidification totale | −19°5 | −19°5 | −19°6 | −19°4 | −19°6 | −19°5 | −19°5 | −5°1 |

La disparition du palier de −19°,5 entre les teneurs 87,8 et 92,3 pour 100 permet d'attribuer, au corps de dépôt le long de la branche BC, la formule $NO^{2}Na.0,5H^{2}O$ ($NO^{2}Na = 88,6$ pour 100).

Le nitrite de sodium peut donc donner un hydrate, fait contraire aux observations des précédents expérimentateurs.

Les abaissements cryoscopiques obtenus avec le nitrite de sodium conduisent à des dépressions moléculaires qui diffèrent beaucoup de celles des composés binaires, nitrates exceptés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination de l'hydratation globale des ions du bromure de potassium.* Note de M. **F. Bourion** et Mlle **O. Hun**, transmise par M. G. Urbain.

Le degré d'hydratation globale des ions du bromure de potassium a été déterminé par l'étude cryoscopique des équilibres moléculaires de la résorcine, ainsi qu'il a été procédé dans des études similaires relatives aux chlorures de potassium, sodium, ammonium, lithium, calcium, strontium, baryum et nickel ([1]), en choisissant la constante cryoscopique $k'$, de manière que la constante d'équilibre entre molécules simples et triples

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C^2(330\Delta - ak')^3}{4a^2k'^2(3ak' - 330\Delta)}$$

ait même valeur, 3,500, que dans l'eau ([2]). Dans cette expression, les divers paramètres ont la même signification que celle qui a été indiquée dans des publications antérieures. Les concentrations sont prises à 15° C. Nous avons étudié les solutions de bromure de potassium 1,00 M et 0,5 M (voir le tableau ci-après).

On voit que, avec $k' = 21,69$, $K_3$ moyen est 3,4933 lorsque la concentration en résorcine varie de 0,875 à 2,000 pour les solutions de bromure de potassium 1 M et que, dans le même intervalle de concentration en résorcine, $K_3$ moyen est 3,4978 avec $k' = 20,18$ pour les solutions de bromure de potassium à 0,5 M.

On calcule aisément par extrapolation, que $K_3 = 3,500$ pour $k' = 21,685$ à partir des valeurs de $K_3$ correspondant à $k' = 21,69$ et $k' = 21,65$ pour les solutions de BrK 1 M, et pour $k' = 20,1785$ à partir des valeurs de $K_3$ obtenues avec $k' = 20,15$ et $k' = 20,18$ lorsque l'on considère les solutions de BrK 0,5 M.

*Calcul de l'hydratation des ions.* — 1° BrK 1,00 M. Le pour-cent $x$ de l'eau présente dans la solution fixée sur le sel est

$$x = \frac{100(21,685 - 18,4)}{21,685} = 15,15.$$

([1]) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1111; **197**, 1933, p. 52, et **198**, 1934, p. 175 et 1490; Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 740; E. Rouyer, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 742 et 1156; F. Bourion et Mlle Hun, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1489.

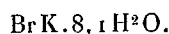
([2]) F. Bourion, E. Rouyer et Mlle O. Hun, *Comptes rendus* **196**, 1933, p. 1015.

De la connaissance de la densité de la solution 1,0844, on tire que la masse de bromure de potassium par 100$^g$ d'eau est 12$^g$,3265 d'où l'on déduit pour le nombre de molécules d'eau fixé sur une molécule de bromure de potassium

$$\frac{15,15 \times 119}{12,3265 \times 18} = 8,12.$$

| Concentration. | BrK 1,00 M. Δ. | $k' = 21,69$. $K_3$. | BrK 0,5 M. Δ. | $k' = 20,18$. $K_3$. |
|---|---|---|---|---|
| 0,250......... | 0°,554 | 2,956 | 0°,494 | 1,615 |
| 0,375......... | 0,807 | 2,660 | 0,726 | 2,082 |
| 0,500......... | 1,053 | 2,885 | 0,944 | 2,270 |
| 0,625......... | 1,286 | 2,934 | 1,163 | 2,626 |
| 0,750......... | 1,5125 | 3,010 | 1,3825 | 3,028 |
| 0,875......... | 1,747 | 3,292 | 1,592 | 3,220 |
| 1,000......... | 1,967 | 3,347 | 1,7885 | 3,209 |
| 1,125......... | 2,184 | 3,380 | 1,9985 | 3,429 |
| 1,250......... | 2,406 | 3,478 | 2,199 | 3,494 |
| 1,375......... | 2,626 | 3,546 | 2,3975 | 3,528 |
| 1,500......... | 2,844 | 3,575 | 2,5965 | 3,559 |
| 1,625......... | 3,0635 | 3,605 | 2,7985 | 3,606 |
| 1,750......... | 3,2805 | 3,591 | 2,9965 | 3,592 |
| 1,875......... | 3,498 | 3,566 | 3,2015 | 3,621 |
| 2,000......... | 3,7195 | 3,553 | 3,4025 | 3,593 |
| 2,125......... | – | – | 3,6035 | 3,545 |
| 2,250......... | – | – | 3,816 | 3,564 |
| 2,375......... | – | – | 4,019 | 3,489 |
| 2,500......... | – | – | 4,241 | 3,521 |

L'hydrate correspondant aux solutions de bromure de potassium 1,00M est donc


$BrK.8,1H^2O$.

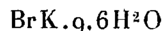
L'étude des nombres de transport des ions (¹) des solutions de bromure de potassium 1,00M a conduit à l'hydrate $BrK.8H^2O$ alors que l'étude de la solubilité de $N^2O$ et de $C^2H^2$ dans de telles solutions (²) a donné l'hydrate un peu plus faible $BrK.7,7H^2O$. Ces résultats sont très voisins de ceux que nous avons obtenus. Quand on compare les hydrates auxquels nous sommes parvenus pour le chlorure de potassium (*loc. cit.*) et pour le bromure de

(¹) J. Baborovsky, J. Velisek et A. Wagner, *Journ. de Chim. phys.*, 25, 1928, p. 452-481.

(²) Manchot, Jahrstorfer et Zepter, *Z. anorg. Chem.*, **141**, 1924, p. 38-81.

potassium, on voit, qu'en solution 1,00M, l'hydratation de l'ion Br est inférieure de 0,5$H^2O$ à celle de l'ion Cl.

2° BrK0,5M. — Par un calcul analogue, on trouve pour les solutions de BrK0,5M, en prenant $k' = 20,1785$, que l'hydrate correspondant est



$$BrK.9,6H^2O$$

de degré plus élevé, ainsi qu'il arrive d'ordinaire, que celui qui correspond aux solutions normales.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination des compositions azéotropiques. Azéotropes du benzène et du cyclohexane.* Note de MM. **A. Bouzat** et **M. Schmitt**, transmise par M. G. Urbain.

Nous avons mesuré les compositions des azéotropes du benzène et du cyclohexane, sous diverses pressions, par une méthode qui nous paraît susceptible d'une grande précision.

Le benzène et le cyclohexane présentent l'azéotropisme positif, ou de première espèce. Il s'ensuit que, lorsqu'on fait bouillir un mélange de benzène et de cyclohexane, la vapeur qui se dégage tout d'abord a une composition plus voisine de l'azéotrope que le liquide initial ou le résidu. En faisant un mélange de composition connue, représentée par un point P sur l'axe des concentrations, en le soumettant à la distillation et en comparant la composition du liquide qui résulte de la condensation des premières vapeurs, à celle du liquide initial ou du résidu, on établit de quel côté se trouve, par rapport au point P, le point représentatif de la composition de l'azéotrope. Deux expériences permettent d'encadrer la composition de l'azéotrope et même de la déterminer d'une manière approximative : on peut ensuite, par de nouvelles mesures, la fixer avec plus de précision. La limite de précision de la méthode est atteinte quand il n'est plus possible de faire de distinction entre le distillat et le résidu.

Au lieu de maintenir la pression invariable et de modifier la composition du liquide, il est plus précis et plus commode d'opérer avec un liquide de composition fixe et de modifier la pression, jusqu'à ce qu'on obtienne la pression azéotropique qui correspond à la composition choisie; on s'affranchit ainsi de la nécessité d'établir une pression rigoureusement déterminée et de réaliser une série de mélanges liquides.

Pour augmenter la différence de composition entre les vapeurs condensées

et le résidu et, par suite, la sensibilité de la méthode, nous plaçons au-dessus du réservoir, où se produit l'ébullition du liquide, une petite colonne de Vigreux à distillation fractionnée. Nous comparons la composition du liquide condensé et celle du résidu de la distillation, au moyen du réfractomètre différentiel de Pulfrich, qui donne la différence d'indice de deux liquides à une unité près du cinquième chiffre décimal. Une étude préalable a montré que l'indice des mélanges de benzène et de cyclohexane va en diminuant, à mesure que la proportion de benzène diminue, et que la courbe qui représente sa variation, sans être une droite, a une faible courbure.

Notre appareil, facile à construire, se compose d'un réservoir surmonté d'un tube étroit; puis d'une petite colonne de Vigreux latérale, à laquelle fait suite un tube de condensation C; celui-ci communique avec un récipient de $50^l$, soigneusement isolé au point de vue thermique, dans lequel on établit la pression sous laquelle on veut opérer. Au bas de la colonne de Vigreux, un tube capillaire D ramène le liquide condensé dans le réservoir.

Le liquide ayant été placé dans le réservoir, on le chauffe doucement au bain-marie. Un petit renflement plein de mercure, qui se trouve à la partie inférieure du réservoir, produit une légère surchauffe locale et régularise l'ébullition; des bulles d'air, entraînées mécaniquement dans le tube D, concourent au même résultat. Quand le liquide condensé arrive en haut du tube de Vigreux, on entoure le tube C d'un mélange réfrigérant de façon à y produire une condensation totale de la vapeur.

La méthode n'est pas faussée par les retards à l'ébullition. Elle permet d'opérer sur des volumes de mélange inférieurs à $1^{cm^3}$, ce qui est précieux pour les corps difficiles à obtenir purs.

La différence des indices du benzène et du cyclohexane pour la raie D du sodium à $12^o,5$ étant de 0,0756, un écart d'une unité du cinquième chiffre décimal, entre les valeurs des indices de deux mélanges de benzène et de cyclohexane, correspond à un écart d'environ 0,013 entre les nombres qui expriment leur composition. Ce serait l'approximation avec laquelle notre méthode permettrait de déterminer le nombre qui représente le pourcentage des constituants dans l'azéotrope, si nous comparions les indices de réfraction du liquide initial et de l'azéotrope. Mais nous mesurons la différence d'indice entre les vapeurs condensées et le résidu. Les vapeurs condensées n'ont pas exactement la composition azéotropique; elles ont seulement une composition qui en est très voisine, lorsque le liquide initial est lui-même près de l'azéotrope. Par contre, le résidu de la distillation est plus éloigné de l'azéotrope que le liquide initial. En fait, la méthode permet, avec des liquides d'un degré de pureté assez grand, de mesurer le nombre qui représente le pourcentage des constituants dans l'azéotrope à quelques unités près de la deuxième décimale.

Nous avons trouvé, par cette méthode, les compositions azéotropiques suivantes :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pression en centimètres de mercure.. | 120,42 | 94,52 | 70,42 | 41,01 | 21,40 | 9,30 |
| Proportion en poids de benzène dans l'azéotrope (¹)................ | 53,65 | 52,90 | 52,01 | 50,46 | 48,64 | 46,70 |

On voit que la proportion de benzène augmente avec la pression, ce qui est conforme à la règle énoncée par Merriman [2] d'après laquelle l'augmentation de pression fait croître la concentration du constituant dont la pression de vapeur a l'ascension la plus rapide; et à la règle énoncée par Vrevskij [3] d'après laquelle, dans le cas de l'azéotropisme positif, à une élévation de la température, correspond un accroissement de la proportion du constituant qui a la plus grande chaleur moléculaire de vaporisation.

Les courbes des pressions de vapeur des mélanges de benzène et de cyclohexane seront publiées par l'un de nous. Les maxima des isothermes et les minima des isobares correspondent aux azéotropes. Comme ils sont très aplatis, ils font connaître avec une grande approximation la température et la pression azéotropiques, mais non la composition azéotropique. La méthode exposée ci-dessus permet de mesurer cette composition avec précision.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation directe du platine sous pression.* Note de MM. **P. Laffitte** et **P. Grandadam**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Malgré un grand nombre de recherches entreprises pour isoler les oxydes correspondant aux valences II et IV du platine, on n'a jamais réussi à obtenir ni PtO, ni $PtO^2$. Les résultats les plus importants sont ceux de L. Wöhler [4] confirmés récemment par Vallet [5]. Ces auteurs ont, en particulier, montré que le noir de platine pouvait fixer 2,35 pour 100 d'oxygène à 300° et 1,92 pour 100 à 100°, sans cependant que

(¹) Le benzène et le cyclohexane nous ont été fournis par le Bureau d'Étalons physicochimiques de Bruxelles.

(²) *Journal of the Chemical Society Transactions*, 103, 1913, p. 1807.

(³) *Chemisches Zentralblatt*, 1911, p. 1193 et 1194.

(⁴) *Z. anorg. Chem.*, 40, 1904, p. 450.

(⁵) *Diplôme d'Études sup.*, n° 355, Faculté des Sciences de Paris, 1928.

ces valeurs, bien inférieures à la teneur de PtO en oxygène (8,19 pour 100), correspondent à une limite fixe d'oxydation. Mais on n'a jusqu'ici opéré que sous la pression atmosphérique. Or, en 1887, M. Le Chatelier [1], après ses recherches sur l'oxydation de l'argent, écrivait : « Je suis convaincu qu'en se plaçant dans des conditions de pression et de température convenables on oxyderait directement le platine comme l'argent, mais l'expérience sera plus difficile à réaliser.... » C'est cette oxydation directe du platine sous pression que nous avons étudiée.

Nos premières expériences ont été faites par une méthode identique à celle employée par M. Le Chatelier [1], puis par M. Guntz [2] pour l'oxydation de l'argent. On plaçait un fil de platine dans un tube semi-capillaire en verre épais dans lequel on introduisait également une quantité calculée de permanganate de potassium, de manière à réaliser des pressions d'oxygène variant entre 50 et 200 kg/cm² pour des températures allant jusqu'à 550°. Dans ces conditions, nous avons observé que le platine se recouvrait superficiellement d'une couche mince d'oxyde correspondant, dans les cas les plus favorables, à 0,012-0,015 pour 100 en poids d'oxygène fixé. Nous avons en outre constaté que cette oxydation du platine en fil, sous pression, n'avait lieu qu'entre 300 et 500°.

Nous avons alors étudié l'oxydation du platine divisé dans un autoclave en acier inoxydable de 105$^{cm^3}$ de capacité et pouvant contenir un creuset en porcelaine renfermant la substance à étudier (mousse ou noir de platine). La zone d'oxydation maximum est située vers 450-460°, comme on peut le voir d'après le tableau suivant relatif à de la mousse de platine chauffée pendant 6 heures sous 40$^{atm}$ d'oxygène.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Température ($t°$ C.)........ | 290 | 325 | 355 | 380 | 400 | 425 | 455 | 490 | 540 | 600 |
| $O^2$ °/₀ fixé (en poids)........ | 0 | 0,1 | 0,5 | 1,3 | 1,4 | 2,0 | 2,1 | 1,5 | 1,4 | 1,3 |

L'oxygène fixé est dosé : 1° volumétriquement, par décomposition au rouge de la substance dans un courant de gaz carbonique; 2° par perte de poids dans l'opération précédente. Les deux résultats coïncident toujours rigoureusement. Sous des pressions plus élevées, la quantité d'oxygène fixé est plus importante. C'est ainsi que sous 150$^{atm}$ nous avons obtenu une mousse renfermant 0$^g$,0737 d'oxygène par gramme de platine. Avec le noir de platine la fixation d'oxygène est plus importante encore, toutes autres

(1) *Bull. Soc. chim.*, 48, 1887, p. 344.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 21, 1899, p. 565.

conditions étant les mêmes. Ainsi à 450° sous 150$^{atm}$ nous avons obtenu un noir contenant 0$^g$,1394 d'oxygène par gramme de platine (teneur supérieure à celle correspondant à PtO : 0$^g$,0819, mais inférieure à $PtO^2$ : 0$^g$,164). Nous avons suivi l'oxydation par l'étude de la densité d'échantillons de mousse ou de noir oxydés dans les mêmes conditions de pression et de température (450°, 130$^{atm}$), mais pendant des temps variables. Le tableau suivant reproduit les résultats obtenus :

| | Gr. $O^2$ pour 1$^g$ Pt. | Densité. |
|---|---|---|
| Mousse | 0 | 21,6 (Pt) |
| | 0,00451 | 21,1 |
| | 0,0107 | 20,3 |
| | 0,0172 | 19,0 |
| | 0,0180 | 18,7 |
| | 0,0238 | 17,6 |
| | 0,0369 | 15,0 |
| Noir | 0,1148 | 12,1 |
| | 0,1394 | 11,1 |

La variation de la densité n'est pas linéaire en fonction de la quantité d'oxygène fixé : il est donc bien probable que l'on n'a pas affaire à un mélange de platine et d'un seul oxyde.

*Isolement de* $PtO^2$. — Les produits obtenus dans les opérations précédentes sont partiellement solubles dans l'eau régale. La partie insoluble lavée dans un mélange alcool-benzène se présente, après dessiccation vers 130°-140°, sous l'aspect d'une poudre d'un bleu noir de densité 10,2 et dont l'analyse correspond exactement à $PtO^2$ (0$^g$, 1639 d'$O^2$ pour 1$^g$ Pt). Ce bioxyde est stable jusque vers 350-380° où, sous la pression atmosphérique, il se décompose violemment. Sa réduction par l'hydrogène commence dès la température ordinaire et n'est complète qu'à 90° en 1 heure et demie. La comparaison, d'une part de la quantité d'oxygène total fixé par le noir de platine, et d'autre part de l'oxygène se trouvant dans le même produit sous forme de $PtO^2$, nous a montré que, dans les noirs les plus oxydés, la substance était constituée par un mélange de $PtO^2$ et de PtO. Suivant les conditions expérimentales, on a des proportions variables de ces deux oxydes. La plus forte teneur en $PtO^2$ que nous ayons eue dans du noir oxydé est de 76,2 pour 100.

Les recherches actuellement en cours ont pour objet l'isolement et l'étude des propriétés de PtO. En même temps nous poursuivons une étude plus complète des propriétés de $PtO^2$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques propriétés du silicate d'argent.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On admet souvent que la coloration jaune d'ambre apportée par l'argent au verre provient de ce que ce métal s'y trouve à l'état de solution colloïdale. Les expériences dont je rends compte ci-après montrent qu'il n'en est pas ainsi.

Je me suis servi de la méthode déjà employée dans mes études précédentes : dissolution d'un sel dans le verre sodique (nitrate d'argent dans le cas actuel), puis barbotage de divers gaz dans ce verre à la température moyenne de 1300°. En ajoutant du nitrate d'argent en excès, on constate qu'on obtient toujours un verre coloré et un globule de métal. L'analyse du verre montre, en outre, qu'il existe une limite de saturation en argent et que celle-ci varie très largement avec la nature du gaz (oxydant, neutre ou réducteur) que l'on fait barboter à travers le verre.

*Action des gaz oxydants.* — Voici d'abord l'action des mélanges d'oxygène et d'azote sur la limite de saturation :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Teneur en O du mélange gazeux (°/₀)....... | 100 | 21 (air) | 8 | 2 |
| Teneur maxima en Ag du verre (°/₀)........ | 4,5 | 4,2 | 4,3 | 3,9 |

Ici, la limite de saturation, quelque peu variable d'une expérience à l'autre, se maintient néanmoins au voisinage de 4 pour 100. Tous les verres obtenus, s'ils sont trempés à l'état liquide dans l'eau froide, sont limpides, d'un beau jaune d'ambre. Quand, au contraire, on refroidit à l'air, les verres saturés d'argent deviennent troubles, d'un blanc laiteux, par suite de la précipitation de l'argent colloïdal. Cette précipitation, toutes choses égales d'ailleurs, est d'autant plus rapide et plus massive que le mélange gazeux avec lequel le verre a été traité contenait moins d'oxygène. Pour avoir du verre jaune non trouble après le refroidissement à l'air, il faut abaisser la proportion de Ag au-dessous de 1 pour 100.

La précipitation spontanée de l'argent colloïdal par un refroidissement insuffisamment rapide ou par un recuit au rouge du verre ne peut être expliquée qu'en admettant que l'oxyde d'argent est plus stable à chaud qu'à froid. On peut aussi expliquer de la même manière le rochage que l'argent métallique fondu à l'air produit au moment de sa solidification.

Les verres jaunes contenant plus de 1 pour 100 de Ag donnent lieu à un

autre phénomène : avec le temps (2-3 mois), ils tendent à se décolorer pour noircir ensuite. Et cela d'autant plus que leur refroidissement a été plus rapide et qu'ils contenaient de ce fait plus d'argent à l'état de silicate. Je suppose qu'il s'agit là aussi d'une précipitation spontanée de l'argent colloïdal, mais sous un état particulier, peut être plus fin. Le recuit au rouge fait disparaître le noircissement du verre et précipite l'argent colloïdal blanc laiteux, lequel ne semble subir aucune modification avec le temps.

*Action de gaz neutres ou réducteurs.* — En utilisant des gaz neutres comme $CO^2$, la limite de saturation baisse à 0,80 pour 100; le refroidissement ralenti donne du verre laiteux; le verre trempé est, au contraire, jaune clair transparent. Il n'y a plus de noircissement avec le temps.

Enfin, en ajoutant des quantités croissantes de CO dans l'acide carbonique, la limite de saturation diminue encore et l'on obtient d'abord des verres très foncés, d'un ton caramel, puis ils redeviennent d'un jaune très clair, troubles ou transparents, suivant la vitesse de refroidissement. Quelques chiffres ci-dessous indiquent les limites de saturation :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CO dans $CO^2$ pour 100.... | 0. | 5. | 15. | 60. | 80. | 88. | 100. |
| Ag pour 100 dans le verre... | 0,80 | 0,29 | 0,20 | 0,15 | 0,17 | 0,06 | 0,07 |
| Colorations................ | jaune d'ambre | brun | | | | jaune très clair | |

Ainsi on constate que les mélanges fondus [nitrate d'argent en excès + verre] se comportent, en présence de gaz oxydants neutres ou réducteurs, à peu près comme le silicate de cuivre dans une atmosphère réductrice. D'une part, on a la précipitation du métal à l'état compact et de l'autre la formation d'un verre saturé de métal qui se colore différemment suivant la nature du gaz avec lequel il fut traité. Cette dernière circonstance démontre que les colorations du verre produites par l'argent sont bien dues à la formation de silicates d'argent; alors que l'argent colloïdal rend le verre simplement trouble blanc laiteux, tout comme il le fait avec une solution aqueuse de ce même métal.

MÉTALLURGIE. — *Mécanisme de l'oxydation des alliages de magnésium à température élevée.* Note de M. **R. Delavault.**

L'oxydation du magnésium et de ses alliages à l'état liquide s'opère par l'intermédiaire de protubérances superficielles, dont la surface libre est

très grande par rapport au volume. Elles jouent finalement le rôle de mèches d'oxyde, portées à une très forte température, dans lesquelles le métal vient brûler [1]. Il fallait savoir si l'on pouvait étendre au métal solide hétérogène les résultats obtenus sur le liquide homogène. Nous avons dans ce but étudié, au voisinage du point de fusion, le magnésium pur du commerce (renfermant un peu de silicium) et ses alliages avec 0,2 à 10 pour 100 en poids des métaux suivants : Na, Tl, Ca, Zn, Cd, Al, Pb, Sn, Bi, Si, Cu, Ag.

Un petit cube de 7 à $10^{mm}$ de côté était poli sur une face, décapé dans une solution alcoolique à 5 pour 100 d'acide nitrique, et chauffé progressivement dans un four électrique ouvert à l'air. Dès l'apparition de légères protubérances (vers 600°), il était retiré. Sinon, en moins d'une demi-minute, les protubérances l'avaient entièrement envahi, et il fondait, puis s'enflammait.

L'examen microscopique était pratiqué en lumière oblique; les conclusions en ont été les suivantes :

1° Toutes les régions des échantillons qui renferment des protubérances ont subi un commencement de fusion partielle, qui peut affecter deux aspects différents :

*a.* ou bien la portion intercristalline apparaît en relief (ainsi que certains points de l'intérieur des cristaux si ceux-ci sont riches en constituant étranger) : c'est que la dilatation, due au commencement de la fusion, n'a pas été compensée par une déformation du reste de la masse; le premier liquide formé s'est épanché à l'extérieur;

*b.* ou bien cet épanchement est compensé par un remaniement du reste du métal : les cristaux glissent les uns sur les autres formant relief à la surface.

Ces deux aspects peuvent se rencontrer simultanément en des points voisins d'un même échantillon. Il peut se faire que dans le premier cas la portion intercristalline apparaisse en creux, la phase liquide peu abondante passant dans les protubérances d'oxydation (ce qui tendrait par ailleurs à en limiter le nombre). D'autre part, dans le cas par exemple de l'alliage à 0,2 pour 100 de Na, une oxydation très rapide peut produire un remaniement profond au voisinage seulement du point d'oxydation, où les cristaux se chevauchent sans que leurs limites soient visibles dans d'autres endroits.

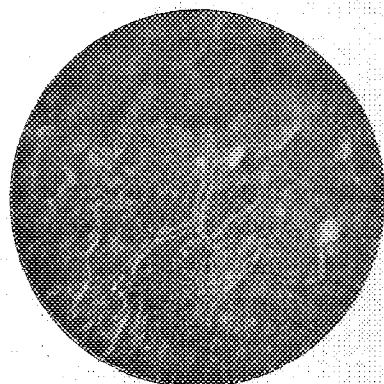
2° Les protubérances apparaissent presque toujours entre les cristaux,

(1) R. Delavault, *Bull. Soc. chim.*, 1, 1934, p. 419.

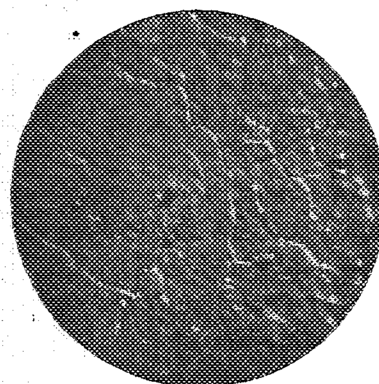
et sur la portion de l'alliage qui a subi la première atteinte de la fusion. Dans le cas d'alliages riches en constituant étranger, donc à grain hétérogène, on trouve parfois une protubérance à l'intérieur d'un cristal. Mais



Mg ordinaire × 25.



Mg 99,5 %, Al 0,5 % (en poids) × 60.



Mg 92 %, Cd 8 % (en poids) × 60.

elle est toujours accompagnée d'une veine liquide, et l'on peut supposer que celle-ci n'a pas été étrangère à sa formation.

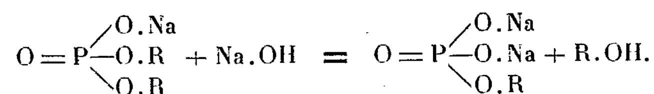
L'argent se comporte, dans les alliages à base de magnésium, comme les autres additions de métaux oxydables.

En résumé, lorsque le magnésium contient 10 pour 100 ou moins de constituants étrangers, l'oxydation commençante du métal hétérogène se

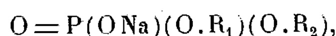
fait par l'intermédiaire d'une phase liquide, sur laquelle prennent naissance des protubérances offrant une grande surface de contact avec l'air. C'est ce que montrent les trois photographies ci-dessus. Une étude récente sur les alliages du calcium nous a prouvé que ce phénomène n'était pas spécial au magnésium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode inattendu de formation du monoester β-glycérophosphorique*. Note de MM. **Octave Bailly** et **Jacques Gaumé**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

C'est un fait classique que les sels alcalins des diesters orthophosphoriques chauffés en solution aqueuse, à la température du bain-marie bouillant, avec une proportion équimoléculaire d'alcali caustique, sont *quantitativement* dédoublés en alcool et monoester,



Le cas des diesters orthophosphoriques mixtes



dans lesquels deux alcools différents concourent à l'estérification, posait la question de savoir si la réaction ci-dessus engendrerait un seul des deux monoesters possibles, ou bien si elle leur donnerait simultanément naissance.

Nous avons, il y a quelques années et dans le but de répondre à cette question, étudié l'hydrolyse alcaline du diester mixte α.β-diglycérophosphorique [1] et démontré qu'elle répond à la seconde de ces alternatives, puisqu'elle conduit à l'obtention simultanée des deux monoesters α et β-glycérophosphoriques.

Notre but, en entreprenant ce travail, était de voir si ce résultat pouvait être généralisé, ou bien si la présence dans la molécule d'un diester orthophosphorique mixte de deux restes alcooliques plus dissemblables que les radicaux α et β-glycéryl, n'entraînerait pas un comportement différent du diester à l'hydrolyse alcaline et ne réaliserait pas la première des alternatives envisagées dans le second paragraphe de cette Note.

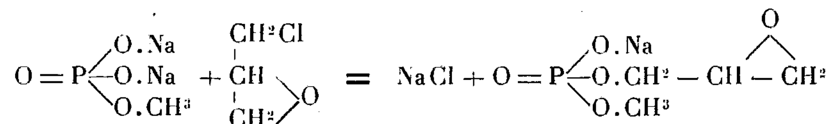
---

[1] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 67.

*Le but auquel nous avons atteint est tout à fait différent et complètement inattendu.*

Nous avons fixé notre choix sur les restes méthyl et glycidyl (époxy-1.2-propyl) et étudié, en conséquence, la préparation et l'hydrolyse du diester mixte méthylglycidophosphorique.

Nous avons préparé une solution de ce diester en agitant, à la température de 60°, une solution aqueuse de méthylphosphate de sodium avec une proportion équimoléculaire d'épichlorhydrine (P. E. 118°). La réaction




est pratiquement complète, comme le démontrent l'apparition quantitative d'une molécule de chlorure de sodium et la disparition totale de l'acidité phosphorique décelable à la phtaléïne du phénol.

Puis, nous avons procédé à l'hydrolyse alcaline du diester, en chauffant, pendant 3 heures au bain-marie bouillant, la solution obtenue ci-dessus avec la quantité calculée de soude caustique, et nous avons isolé les monoesters en résultant à l'état de sels de calcium en milieu hydroalcoolique. Enfin, comme il est bien connu que les sels alcalinoterreux des esters phosphoriques des polyols sont des composés essentiellement polymorphes et, partant, peu caractéristiques (E. Fischer et E. Pfähler, Hill et Pyman, O. Bailly, etc.), nous avons repassé des sels de calcium aux sels de sodium, par double décomposition avec $CO^3Na^2$, en solution aqueuse. Nous avons obtenu, de la sorte, une solution qui, concentrée en consistance sirupeuse et déposée à la glacière, n'a pas tardé à abandonner de très nombreux cristaux, que nous avons recueillis à la trompe, essorés à fond, soumis à une seconde cristallisation et analysés.

Nous nous attendions, d'après ce qui précède, à avoir entre les mains, soit du méthylphosphate, soit du glycidophosphate, soit plus vraisemblablement de l'α-glycérophosphate de sodium (ce dernier provenant de la fixation de $H^2O$ sur la fonction époxyde du précédent).

Nous avons constaté que nous n'avions, en réalité, affaire à aucun de ces corps, mais à du β-glycérophosphate de sodium.

En effet :

1° Le sel répond rigoureusement à la formule $PO^4Na^2C^3H^7O^2 + 5H^2O$

du β-glycérophosphate de sodium, dont il revêt nettement la forme cristalline et dont il possède la solubilité;

2° Son oxydation par le brome, en milieu aqueux, n'engendre pas trace de dérivé dioxyacétonique susceptible d'être mis en évidence par les réactions colorées de Denigès ou par la formation de méthylglyoxal sous l'influence de $SO^4H^2$ concentré (O. Bailly);

3° Il est sans action sur l'acide periodique, que l'α-glycérophosphate de sodium réduit, au contraire, facilement en acide iodique (P. Fleury et R. Paris);

4° Enfin, et c'est là une propriété tout à fait caractéristique du monoester β-glycérophosphorique, il donne facilement naissance, en solution aqueuse et en présence d'un excès de nitrate de baryum, au sel double de P. Karrer et H. Salomon [1], $2PO^4BaC^3H^5(OH)^2 + (NO^3)^2Ba$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectre Raman de doubles liaisons conjuguées dans un noyau.* Note [2] de MM. **René Truchet** et **Jean Chapron**, présentée par M. Delépine.

En étudiant, au moyen de l'effet Raman, les fractions de tête provenant de la rectification d'un benzol brut, nous avons trouvé une raie intense à 1500 cm⁻¹, aucun des carbures étudiés jusqu'ici ne donnant, à notre connaissance, de raie forte dans cette région. Nous avons entrepris des recherches systématiques pour déterminer l'origine de cette raie, et nous avons cherché à obtenir des spectres du cyclopentadiène $\begin{matrix} CH{=}CH \\ | \\ CH{=}CH \end{matrix} \!\!> CH^2$ et du dicyclopentadiène, isolés de nos produits de distillation.

*Cyclopentadiène* [3] (Éb. = 41°; $D_{18}$ = 0,805; $n^D_{16}$ = 1,447).
[Auwers et Eisenlohr indiquent : $D_{16}$ = 0,804; $n^D_{16}$ = 1,4463.]

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 349 (1) | 800 (0) | 945 (4) | 994 (3) | 1083 (2) |
| 1109 (5) | 1325 (1) | 1364 (4) | 1377 (3) | 1441 (3) |
| 1500 (5) | 2870 (3) | 3045 (1) | 3069 (1) | 3095 (3) |

(1) *Helv. ch. Acta*, 9, 1926, p. 6.

(2) Séance du 14 mai 1934.

(3) Le cyclopentadiène se polymérise à la température ordinaire en donnant du dicyclopentadiène, ce qui explique que, pour les poses un peu longues (10 heures), on ait superposition des deux spectres, mais avec des intensités fort différentes.

*Dicyclopentadiène* ($f=31°$; Éb. $=63°$ sous $19^{mm}$; $d_{18}=0,974$; $n^{D}_{18}=1,505$).

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 208 (3) | 330 (1) | 382 (2) | 467 (3) | 483 (2) |
| 623 (1) | 675 (3) | 702 (1) | 774 (3) | 816 (1) |
| 868 (1) | 906 (2) | 946 (3) | 954 (3) | 1029 (2) |
| 1091-1106 (1) | 1124 (3) | 1137 (3) | 1164 (2) | 1245 (3) |
| 1272-1300 (3) | 1439 (3) | 1574 (4) | 1614 (4) | 2954 (2) |
| 2969 (2) | 3058 (2) | | | |

Les résultats obtenus avec le cyclopentadiène sont à rapprocher de ceux indiqués par Venkatesvaran ([1]) pour le pyrrol et le thiophène et par Bonino ([2]) pour le furane : dans tous les exemples, le spectre Raman ne présente pas de raies dans la région où se trouvent ordinairement les raies des doubles liaisons, mais présente en revanche une raie forte dans la région 1400-1500 $cm^{-1}$. Faut-il en conclure, comme le font certains auteurs, à l'absence de liaisons éthyléniques dans ces dérivés?

Cette conclusion est inadmissible pour le cyclopentadiène. En effet, ce corps présente les propriétés caractéristiques des doubles liaisons conjuguées : polymérisation facile, fixation de 2 Br en 1.4, de 4 Cl, HCl, formation de nitrosite, de dérivés d'addition divers, etc.

La formule classique, avec deux doubles liaisons, représente donc bien les propriétés chimiques de ce corps. Il faut en conclure que les liaisons éthyléniques de ce noyau s'influencent considérablement au point de vue de l'effet Raman et que la fréquence correspondante est fortement abaissée. Ce fait n'a rien de surprenant, si l'on considère ces doubles liaisons comme des système oscillatoires couplés ([3]).

On ne peut objecter, à cette conclusion, les phénomènes observés en série grasse, où la conjugaison de deux doubles liaisons ne modifie pas sensiblement la fréquence Raman de la raie « éthylénique ». La conjugaison se complète ici par un lien supplémentaire : le groupement $CH^2$, qui unit les extrémités des liaisons conjuguées. Les systèmes vibratoires ne sont pas du tout les mêmes dans la série en chaîne ouverte et dans le cas que nous envisageons ici : il n'y a rien de surprenant à ce que les conclusions qui sont valables dans un cas ne le soient plus dans l'autre.

---

(1) *Indian Journ. of Phys.*, 5, 1930, p. 145.

(2) Bonino, Manzoni et Pratesi, *Zeit. Physik. Chem.*, B, **22**, 1933, p. 21; cité d'après *Conferencias Generales IXe Congresso internacional de Madrid*, 1934, p. 49.

(3) Bourguel a déjà donné un exemple net de l'influence réciproque de deux doubles liaisons dans le cas des alléniques, où la fréquence tombe de 1620 (éthylène) à 1074 (allène) (*Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 490).

Mais en revanche, nous pouvons tirer argument du fait que les spectres du furane, du pyrrol et du thiophène présentent une raie forte vers 1400-1500, pour appuyer les conclusions classiques de la chimie et écrire les formules de ces trois corps, comme nous écrivons la formule du cyclopentadiène, c'est-à-dire avec deux doubles liaisons.

Le noyau $\begin{matrix} CH{:}CH\diagdown \\ | \qquad\quad \\ CH{:}CH\diagup \end{matrix}$, qui existe dans ces quatre dérivés, est caractérisé par une fréquence Raman voisine de 1500 $cm^{-1}$.

Ces conclusions augmentent de beaucoup le champ de variation de la fréquence, qui correspond à la liaison $C = C$, qui peut se déplacer de 1679 dans le triméthyléthylène à 1570 dans $CCl^2 = CCl^2$ et qui, dans le cas de conjugaison dans un noyau, peut s'abaisser jusques et au-dessous de 1500.

Or M. Bonino [1] a objecté dernièrement à la représentation du benzène par le schéma de Kékulé, que l'effet Raman donnait une raie de fréquence 1580, située assez nettement au-dessous de la fréquence des raies éthyléniques ordinaires, et a conclu à l'absence de doubles liaisons dans ce noyau. A la lumière de ce que nous venons de voir pour le cyclopentadiène, cette conclusion paraît discutable. La présence de plusieurs liaisons multiples dans un noyau abaisse fortement la fréquence Raman correspondante et nous avons maintenant des exemples, où les fréquences correspondant aux liaisons $C = C$ encadrent complètement la fréquence 1580 du benzène et les fréquences correspondantes de ses dérivés.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Allène | 1074 | Pentachlorobenzène | 1553 |
| Thiophène | 1409 | Hexaméthylbenzène | 1565 |
| Pyrrol | 1470 | Tétrachloréthylène | 1570 |
| Furane | 1490 | Benzène | **1580** |
| Cyclopentadiène | 1500 | Éthylène | 1620 |
| Hexachlorobenzène | 1503 | Triméthyléthylène | 1679 |

On ne peut donc aucunement tirer argument du fait que nous observons une fréquence 1580 pour rejeter la formule de Kékulé.

---

(1) *Conferencias Generales IXe Congresso internacional de Madrid*, 1934, p. 31 à 113.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des dépôts à faciès Medjanien du Djebel Morissane* (Département de Constantine). Note [1] de MM. **J. Flandrin** et **G. Lucas**, présentée par M. H. Douvillé.

Des courses récentes, effectuées dans la région de Medjana (Commune mixte des Bibans), nous ont permis de relever une coupe détaillée des terrains constituant le massif du Dj. Morissane.

Reposant en discordance sur les marnes schisteuses du Sénonien, on peut observer de bas en haut la série des dépôts suivants :

1. Argiles noires avec lits de brèches polygéniques (environ 150$^m$). On observe, à la base, quelques bancs de poudingues à éléments très grossiers.

2. Couches rouges composées de marnes et de grès lie de vin intercalés de niveaux quartziteux, de petits bancs de calcaire et de calcaires microbréchoïdes (20 à 30$^m$). Ces derniers nous ont fourni [2] : *Nummulites incrassatus* (A) de la H., *N. Chavannesi* de la H.*, *N. Lucasi* (A) d'Arch., *N. gallensis* (A) A. Heim, *N.* aff. *helveticus* Kaufm.*; *Assilina mamillata* d'Arch.; *Operculina alpina* H. Douv.*, *O. complanata* Defr.*; *Discocyclina Pratti* Mich.*, *D. scalaris* Schlumb.*, *D. nummulitica* Gümb.*, *D.* aff. *Roberti* H. Douv.*; *Asterodiscus* sp.

3. Argiles avec petits bancs de calcaire et de quartzite (10 à 30$^m$).

4. Grès grossiers en gros bancs, déterminant une barre de 10 à 20$^m$ d'épaisseur, très caractéristique.

5. Marnes schisteuses intercalées de bancs de grès quartziteux et de bancs calcaires assez épais (30 à 40$^m$).

6. Grès tendres, mollassiques, micacés et marnes sableuses de couleur gris clair avec quelques lits de calcaire marneux blanc (environ 100$^m$). Certains niveaux sont entièrement constitués par l'accumulation de Foraminifères parmi lesquels nous avons reconnu : *Nephrolepidina simplex* H. Douv.; *N. Tournoueri* L. et R. D.; *N. prætournoueri* H. Douv.; *N. inflata* I. Provale; *N. præmarginata* R. Douv.; *Eulepidina levis* H. Douv.; *Nummulites* cf. *Boucheri* de la H.*; *Operculina complanata* Defr.*; *Heterostegina depressa* d'Orb.*; *Spiroclypeus granulosus* Boussac*; *Truncatulina* sp.*; *Pulvinulina* sp.*.

---

(1) Séance du 30 avril 1934.

(2) Les espèces marquées d'un astérisque ont été déterminées par M. L. Doncieux.

Les espèces dominantes sont *Nephr. Tournoueri* et *Nephr. simplex*. Les différentes assises dont nous venons de donner la succession avaient été rangées par Ficheur dans le Medjanien (¹). En l'absence de fossiles, il avait rapporté cet étage à la base de l'Éocène supérieur. M. M. Dalloni (²) en 1916 et M. J. Savornin (³) en 1920 admettent cette attribution. Par contre, M. J. Dareste (⁴) émet en 1910 l'hypothèse suivant laquelle le Flysch nummulitique pourrait correspondre « à l'Éocène supérieur et à l'Oligocène, au moins en partie ».

En 1911 M. L. Joleaud (⁵) estime que les sédiments medjaniens-numidiens se sont déposés depuis l'Auversien jusqu'au Stampien inclus.

En 1912 enfin, M. J. Blayac (⁶) attribue les dépôts medjaniens et numidiens « en partie au Priabonien et en partie au Lattorfien ».

Jusqu'à présent aucune découverte de fossiles n'avait donc permis d'établir d'une façon certaine l'âge des dépôts à faciès medjanien.

Grâce aux Foraminifères récoltés dans les assises 2 et 6 du Dj. Morissane nous pensons pouvoir faire les attributions suivantes :

Priabonien = niveaux 1, 2 et 3. Lattorfien = niveaux 4, 5 et 6.

La faune du niveau 2 est semblable à celle signalée par M. L. Glangeaud dans le Flysch à petites Nummulites du nord du département d'Alger. Elle correspond également à celle décrite par l'un de nous (⁷) dans le Priabonien supérieur de Tizi Renif.

La faune récoltée dans le niveau 6 n'avait encore jamais été signalée en Algérie. L'absence totale d'Orthophragmines et de Nummulites éocènes nous conduit à lui attribuer un âge oligocène.

Par leur petite taille (2 à $4^{mm}$), les Lépidocyclines du Dj. Morissane diffèrent de celles découvertes par M. Dalloni dans le Stampien d'Oranie et dans celui de la région de Palestro. Ce caractère archaïque permet de leur attribuer un âge sensiblement plus ancien.

---

(¹) Hanoteaux et Letourneux, *La Kabylie et les coutumes kabyles; Notice géologique* par Ficheur (Paris, 1893).

(²) *Bull. Soc. Géol. France*, 4ᵉ série, 16, 1916, p. 112.

(³) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2ᵉ série, nº 7, 1920, p. 320.

(⁴) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2ᵉ série, nº 5, 1910, p. 162-163.

(⁵) *Étude géologique de la chaîne numidique* (Montpellier, 1911, p. 200 et p. 216-217).

(⁶) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2ᵉ série, nº 6, 1912, p. 425.

(⁷) J. Flandrin, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 6, 1934, p. 84.

Si l'on considère, d'autre part, que les grès medjaniens surmontent, au Dj. Morissane, des assises certainement priaboniennes et que, dans la région de Palestro, les dépôts équivalents du Numidien sont eux-mêmes recouverts par des dépôts stampiens, on peut ranger l'ensemble gréseux qui termine la série du Dj. Morissane dans le Lattorfien.

En conclusion, nous pensons que, dans la région de Medjana, et, on peut le supposer, dans tout le Tell algérien, le cycle sédimentaire correspondant au dépôt des sédiments medjaniens s'est effectué pendant une période comprenant tout ou partie de l'Éocène supérieur et la base de l'Oligocène.

Cette attribution doit pouvoir être étendue au Numidien qui ne représente qu'un faciès peu différent des mêmes dépôts.

PALÉONTOLOGIE. — *Les insectes fossiles de Kleinkembs (Pays de Bade).* Note de M. **Nicolas Théobald**, présentée par M. Charles Jacob.

M. Mieg (¹) a signalé en 1892 un gisement d'insectes fossiles dans les marnes en plaquettes du Sannoisien de Kleinkembs (Pays de Bade). Il a réuni une collection de près de 1000 pièces, qui est conservée au Muséum d'Histoire naturelle de Bâle. Ayant pu étudier cette collection, j'en ai déterminé plus de 800 échantillons qui se répartissent de la façon suivante :

Les Odonates sont représentés par trois échantillons appartenant à la famille des Æschnidæ : *Æschna.*

Aux Orthoptères reviennent un échantillon, Acrydiidæ : *Schistocerca* n. sp. et un fragment d'aile se rapprochant du genre *Ectobius*, de la famille des Blattidæ.

Les Coléoptères sont nombreux (54 échantillons) et se répartissent en 41 espèces, dont 20 nouvelles, les mieux caractérisées appartenant aux Carabidæ : *Anchomenus*, *Harpalus*, *Trechus;* Staphylinoïdæ : *Quedius*, *Philonthus;* Hydrophilidæ : *Hydrous*, *Hydrobius*, *Hydrophilus;* Telephoridæ, Coccinellidæ, Curculionidæ : *Cleonus*, *Phytonomus*, *Sitones*, *Larinus*, *Ceutorhynchus*, *Apion.*

Les Hyménoptères dominent avec 357 échantillons : Ichneumonidæ (3 espèces); Evaniidæ (1 espèce); Formicidæ : 15 espèces du groupe des Ponerinæ, 39 espèces du groupe des Formicinæ; 9 espèces du groupe des Myrmicinæ; Vespidæ (9 espèces).

Les Lépidoptères sont représentés par deux espèces nouvelles.

Aux Diptères appartiennent 228 échantillons : Mycetophilidæ (4 espèces) : *Mycetophila*, *Neoglaphyroptera*, *Sciara;* Bibionidæ : *Bibio* (4 espèces), *Penthetria*

(¹) M. Mieg, G. Bleicher et Fliche, *Bull. Soc. géol. France*, 3ᵉ série, **20**, 1892-1893, p. 182 et 375; M. Mieg, *Feuille des Jeunes Naturalistes*, 3ᵉ série, 1892, nº **265**, p. 11-13, et nº **266**, p. 24-29.

(20 espèces en 150 échantillons); Tipulidæ (6 espèces) : *Dicranomyia*, *Tipula*, Leptidæ : *Symphoromyia;* Asilidæ : *Leptogaster;* Syrphidæ; Borboridæ; Muscidæ. Il existe aussi quelques larves de Diptères.

Les Hémiptères sont représentés par 80 échantillons qui se répartissent en 27 espèces appartenant aux Gerridæ : *Gerris;* Reduviidæ : *Harpactor;* Lygaeidæ : *Pachymerus;* Pentatomidæ : *Eurydema*, *Cydnus* (14 espèces en 49 échantillons); Fulgoridæ : *Dictyophora*, *Cixius;* Cercopidæ : *Aphrophora;* Jassidæ (1 grande espèce tropicale des Ledridés).

Cette faune, en dehors d'un grand nombre d'espèces nouvelles, renferme la plupart des types qui ont déjà été décrits des marnes en plaquettes de Brunnstatt près de Mulhouse [1]. Les deux gisements sont contemporains. Les recherches récentes que j'ai faites à Brunnstatt le confirment.

L'abondance des Formicidæ, Bibionidæ et Pentatomidæ y est remarquable. La distribution proportionnelle des principales familles varie légèrement entre les deux gisements. A Kleinkembs la présence des Lépidoptères, Orthoptères et Odonates est intéressante à signaler, ces groupes étant mal connus ou faisant entièrement défaut à Brunnstatt.

Certaines formes sont voisines d'insectes des gisements de Rott (Sept-Montagnes), Aix (Provence), Radoboj (Croatie) et de Célas (Gard) [2]. Il s'agit alors uniquement des formes terrestres; aucune espèce aquatique n'a pu être identifiée avec des insectes connus ailleurs, sauf pour le gisement de Brunnstatt distant d'une vingtaine de kilomètres seulement de Kleinkembs.

En dehors des insectes terrestres qui ont dû être entraînés par les cours d'eau ou par le vent, il existe des formes aquatiques (Hydophilidæ Gerridæ) ou vivant au bord de l'eau qui ont été ensevelies sur place.

L'ensemble de la faune semble indiquer un climat méditerranéen à affinités tropicales.

---

(1) B. Förster, *Abhandlungen der geolog. Landesanstalt von Elsass-Lothringen*, 3, 1891, p. 335.

(2) En ce qui concerne le gisement de Célas, seules ont pu être identifiées des formes que nous avons étudiées dans la faune de Kleinkembs et qui sont nouvelles pour la vallée du Rhin. Aucune des espèces déjà connues de Brunnstatt n'est identique avec celles de Célas (voir N. Théobald, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 280).

ZOOLOGIE. — *L'énigmatique glande péniale des Silicodermés.* Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Joubin.

La plupart des Silicodermés (tous les Dendrobranchiés, sauf *Lessonia*, et les genres *Oncidium*, *Semperella* et *Peronina*, parmi les Abranchiés) possèdent, annexé au pénis, un organe singulier, la glande péniale (*Penisdrüse* des Allemands). Cet organe, dont on a fait à tort un organe excitateur homologue de la glande du dard de l'escargot, est ordinairement formé de quatre parties :

*a*. un long tube pelotonné, terminé en cœcum (*la glande* proprement dite);

*b*. un gros renflement fusiforme, musculaire (*le sac musculaire*);

*c*. un canal, plus ou moins long, renfermant à son intérieur une *canule* chitineuse creuse, droite ou courbe, venant aboutir à :

*d*. un *vestibule* terminal, communiquant avec le vestibule du pénis et s'ouvrant au dehors à l'orifice génital mâle.

Cet organe est sujet à variations, mais rarement le sac musculaire ou la canule manquent. Chez *Scaphis Astridæ* Labbé, il y a même deux sacs musculaires successifs. Ses dimensions sont souvent énormes : chez un *Peronia* de $3^{cm}$ de long, le tube mesurait $50^{cm}$ de long, le sac musculaire $3^{cm}$ et la canule $7^{mm}$. Un organe de telle taille ne peut avoir, chez les Oncidies, le rôle insignifiant d'un organe excitateur.

J'ai pu vérifier la fonction précise de cet organe chez six espèces de Silicodermés : *Scaphis Strœlenii* Labbé; *S. viridis* Labbé; *S. atra* Lesson; *S. punctata* Quoy et Gaimard; *Oncidium durum* Labbé; *Paraperonia Gondwanæ* Labbé.

La paroi du tube est formée d'un tissu spécial que je décrirai ultérieurement. Mais la paroi interne du canal est bordée d'une couche épaisse de spermatozoïdes en évolution; spermatocytes, spermatides et même spermatozoïdes mûrs. Ce n'est point un testicule, puisque les spermatozoïdes se forment bien dans la glande génitale hermaphrodite, à l'extrémité postérieure du corps. C'est une sorte de réceptacle séminal, où les spermatocytes viennent finir leur transformation en spermatozoïdes; le sac musculaire, comme propulseur, et la canule forment un *appareil éjaculateur;* en résumé, la prétendue glande péniale est *physiologiquement* un pénis.

Il en résulte que l'organe qui continue le canal déférent et qu'on désignait jusqu'ici comme pénis correspondrait plutôt, avec ses dents chondroïdes et

son armature de plaques siliceuses, à un *organe excitateur*. Il y a donc un organe éjaculateur et un organe excitateur. Chez les Silicodermés dépourvus de glande péniale (*Oncidiella, Oncis, Lessonia, Oncidina*) le pénis plus long parfois que le corps, mais toujours dépourvu de dents et d'armature, reprend sa fonction primitive d'organe éjaculateur. Car, morphologiquement, le pénis d'un *Oncidiella* est bien l'homologue du pénis d'un *Peronia* ou d'un *Scaphis*, et c'est sur lui que s'insèrent le protacteur et le rétracteur qui permettent au double appareil, pénis et glande péniale, de s'évaginer ou de s'invaginer.

Ainsi, chez les Silicodermés, le pénis est bien morphologiquement un pénis, mais, physiologiquement, n'est qu'un organe excitateur, lorsque la glande péniale existe et a pris la fonction d'organe éjaculateur.

PHYSIOLOGIE. — *L'évolution de l'avitaminose* A *peut-elle être influencée par la nature et les proportions des protides du régime de base*? Note de M^me^ **Lucie Randoin** et M^lle^ **Suzanne Queuille**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans un régime alimentaire dépourvu de vitamine A, les variations qualitatives ou quantitatives que l'on fait subir aux protides peuvent-elles aggraver l'avitaminose A, ou bien, au contraire, en atténuer les symptômes ou en retarder l'évolution? — C'est à ce point de vue spécial que nous avons étudié comparativement la peptone de muscle, la caséine et la levure de bière sèche (laquelle renferme environ 50 pour 100 de protides). Mais tout d'abord il importait de savoir si la caséine et la levure de bière étaient vraiment dépourvues de vitamine A, question fort discutée.

*Influence de la nature des protides.* — Le régime RS n° 50 privé de vitamine A que nous employons pour le dosage biologique de cette vitamine, donné seul à de jeunes Rats de 25 jours environ, provoque, *sans exception*, un arrêt de croissance, puis une chute de poids, de la *xérophtalmie*, symptôme spécifique d'avitaminose A, et enfin la mort.

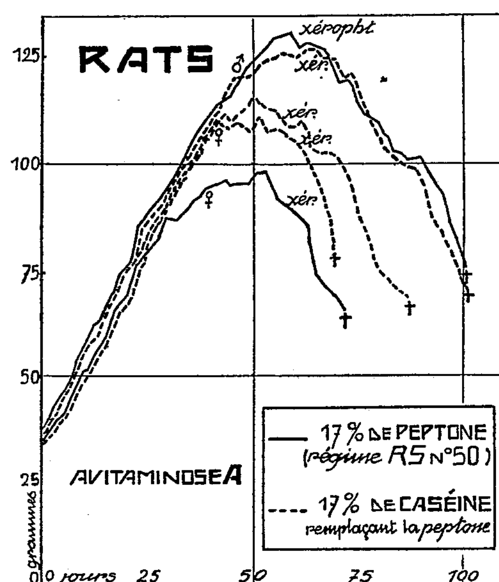
Ce régime est ainsi composé : peptone de muscle, 17; levure de bière sèche, 3,5; dextrine, 63,5; huile d'arachide, 12; mélange de sels, 4.

Nous avons constitué deux autres régimes : l'un qui diffère du précédent par la substitution, à la peptone, d'un poids égal de caséine (obtenue par dessiccation du précipité résultant de l'auto-acidification de lait totalement écrémé); l'autre qui renferme, comme source exclusive de protides,

18 pour 100 de levure de bière sèche (ce dernier régime n'étant pas tout à fait comparable aux précédents, en particulier à cause de sa très forte teneur en vitamines B).

Dans chacun des trois lots de jeunes Rats, l'allure de l'avitaminose a été sensiblement la même, et tous les sujets, *sans exception*, ont présenté des lésions xérophtalmiques très graves (voir le graphique I).

*Influence des proportions des protides.* — Nous avons fait deux séries




Graphique I.

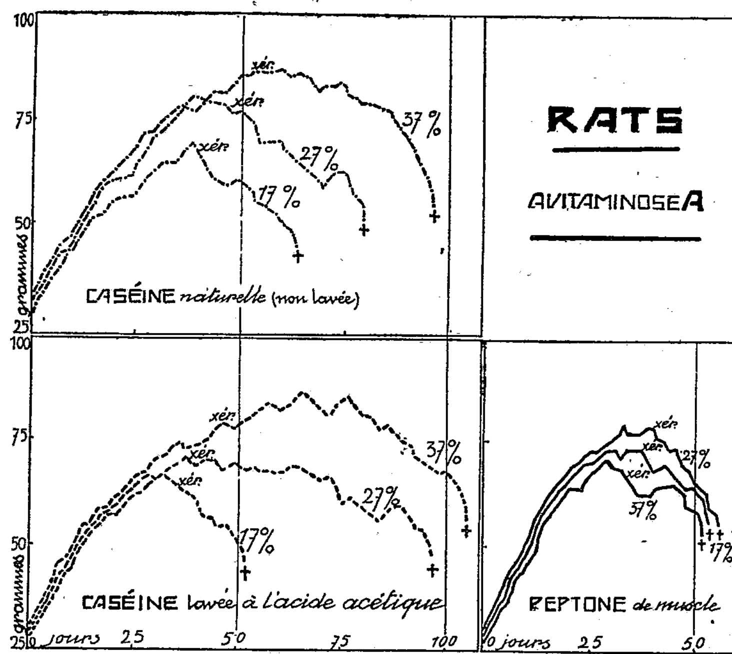
d'expériences avec 15 lots de jeunes Rats. Dans une première série (9 lots) nous avons étudié comparativement la peptone, la caséine lavée avec de l'acide acétique très dilué, la caséine non lavée, chacune aux taux de 17, 27 et 37 pour 100, la proportion des protides étant augmentée aux dépens de la dextrine. Dans une seconde série d'expériences (6 lots), nous avons utilisé 15 pour 100 de peptone ou 15 pour 100 de caséine lavée; seule variait la proportion de levure de bière sèche : 3,5 ou 5 ou 8 pour 100.

Tous les Rats, *sans exception*, ont présenté de la xérophtalmie. Ils sont morts du 50e au 60e jour, sauf ceux qui ont reçu 27 et 37 pour 100 de caséine (lavée ou non lavée) : chez ces derniers, l'arrêt de la croissance s'est produit plus tard et ils ont vécu plus longtemps que tous les autres sujets (voir le graphique II, relatif à la première série d'expériences).

*Conclusions.* — I. En l'absence de vitamine A, les variations qualitatives ou quantitatives que l'on fait subir aux protides du régime ne peuvent s'opposer au développement des lésions xérophtalmiques, symptôme le plus remarquable de l'avitaminose A. En conséquence, ni la caséine, ni la levure de bière que nous employons ne renferment de vitamine A.

II. Au taux normal de 15 à 18 pour 100, les protides du régime, quelle que soit leur nature, n'ont pas d'influence sur la marche de l'avitaminose A : date de l'arrêt de croissance, rapidité de la dénutrition, durée de survie.

III. A des taux plus élevés (27-37 pour 100), la caséine, bien que n'empêchant pas la xérophtalmie, retarde le moment où la croissance s'arrête, et prolonge la survie. Cette action favorable serait due : ou bien au fait que la caséine renferme un facteur de nature inconnue s'opposant aux causes de dénutrition rapide; ou bien au fait que la présence de très fortes proportions de caséine crée un équilibre nutritif avec lequel l'organisme n'a plus besoin que de quantités de vitamine A relativement très faibles.



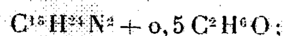

Graphique II.

PHARMACODYNAMIE. — *De quelques actions physiologiques de la sarothamnine et de la génistéine.* Note de M. RENÉ HAZARD, présentée par M. A. Desgrez.

La sarothamnine et la génistéine ont été extraites par A. Valeur [1] du Genêt à balai (*Sarothamnus scoparius* ou *Genista scoparia*, légumineuses), où elles existent en faible quantité.

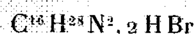
L'étude physiologique de ces alcaloïdes (qui n'avait fait jusqu'ici, à notre connaissance, l'objet d'aucune publication) a pu être entreprise sur des échantillons obtenus suivant le mode d'extraction précisé par A. Valeur.

La sarothamnine est cristallisée avec $0^{mol},5$ d'alcool



$$C^{15}H^{24}N^{2} + 0,5\,C^{2}H^{6}O\,;$$

on la dissout aisément dans l'acide chlorhydrique dilué. La génistéine se présente sous la forme de bromhydrate



$$C^{16}H^{28}N^{2},\,2\,HBr$$

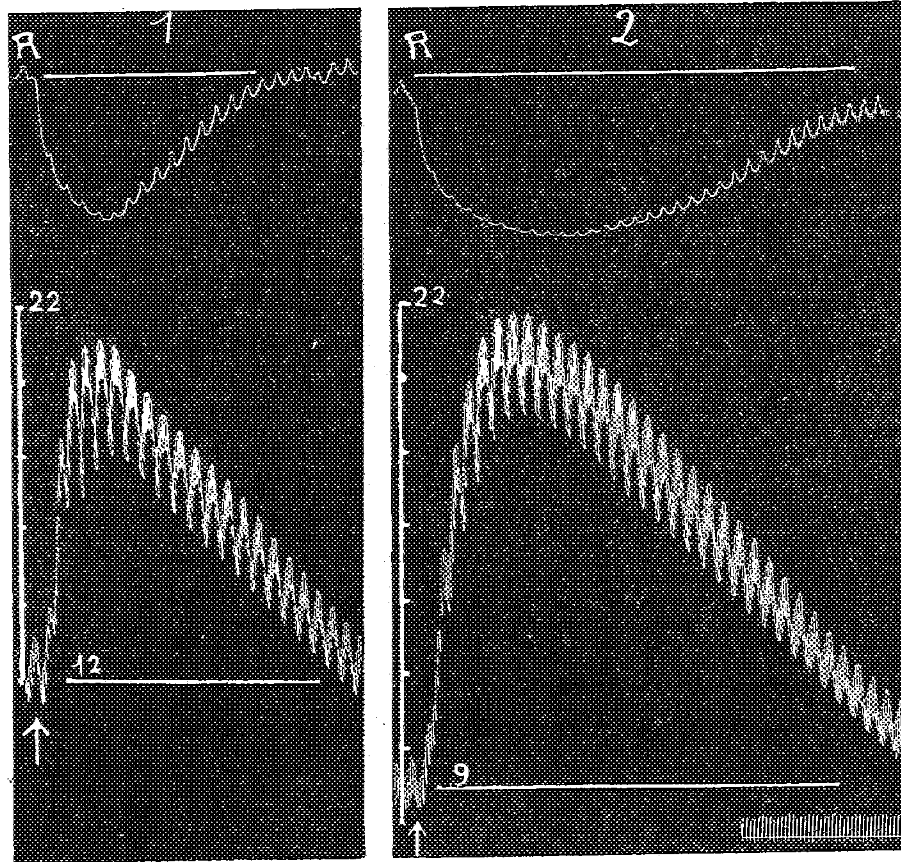
directement soluble dans l'eau.

Injectée au chien anesthésié au chloralose et soumis à la respiration artificielle, la *sarothamnine*, aux doses de $0^{g},005$ à $0^{g},01$ par kilogramme, exerce sur le cœur une action fortement dépressive, diminuant l'amplitude de ses contractions et ralentissant son rythme. Elle abaisse d'une façon nette et durable la pression artérielle. Elle augmente les effets vasoconstricteurs et hypertenseurs de l'adrénaline, en même temps qu'elle supprime la bradycardie réflexe adrénalinique. Son effet renforçateur s'exerce uniquement par paralysie du vague, car il ne se manifeste plus guère chez l'animal qui a subi préalablement la vagotomie double. La sarothamnine rend le vague inexcitable électriquement, mais son action se porte au delà des ganglions de ce nerf car elle diminue, jusqu'à la supprimer parfois presque complètement, l'action de l'acétylcholine sur le vague cardiaque. Aux doses de $0^{g},01$ à $0^{g},02$ par kilogramme elle annihile, d'une façon sensiblement com-

---

(1) *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 26 et 163.

plète, l'action excitante de la nicotine ($0^g,005$ par kilogramme) sur le vague cardiaque, en laissant persister l'action excitosympathique de celle-ci sur le cœur et la pression artérielle.




*Renforcement par la génistéine des effets vasoconstricteurs et hypertenseurs de l'adrénaline.*

Chien ♀ $7^{kg}$ chloralosé. Vagotomie double. Respiration artificielle. R = tracé oncographique du rein avec trait repère commun à 1 et à 2. Pression carotidienne avec traits repères à 22, 12 et $9^{cm}$ Hg. En bas, à droite, les temps en secondes. L'animal reçoit par la voie intraveineuse : en (1) comme en (2) au point marqué ↑ $1/100^e$ de milligramme de chlorhydrate d'adrénaline en tout; entre (1) et (2) $0^g,005$ par kilogramme de bromhydrate de génistéine.

Injectée au chien dans les mêmes conditions et aux mêmes doses que la sarothamnine, le bromhydrate de *génistéine* ne déprime généralement le cœur et n'abaisse la pression artérielle que d'une manière transitoire. La génistéine, en même temps qu'elle supprime l'effet vagal réflexe de l'adré-

naline, renforce en intensité et en durée l'action vasoconstrictive et hypertensive de celle-ci. Ce renforcement correspond à un effet propre de sensibilisation par la génistéine des terminaisons sympathiques à leur excitant : il se manifeste encore nettement après vagotomie double (voir la figure).

La génistéine rend le vague inexcitable électriquement; elle diminue, parfois jusqu'à l'annihiler presque complètement (aux doses de $0^g,02$ par kilogramme), l'action de l'acétylcholine sur le vague cardiaque.

Les doses faibles de génistéine suppriment l'action excitante que la nicotine ($0^g,005$ par kilogramme) exerce sur le vague cardiaque et ne laissant persister qu'une faible partie de l'action excitosympathique de celle-ci sur le cœur et la pression artérielle; les doses fortes suppriment entièrement tout effet hypertenseur de la nicotine.

Ces différents effets physiologiques établissent d'assez étroites analogies entre la génistéine et la spartéine; la sarothamnine, au contraire, s'écarte notablement de celle-ci.

SÉROLOGIE. — *Rôle des facteurs physiques dans la lacto-gélification du sérum.* Note de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons signalé récemment un phénomène nouveau : la gélification du sérum par quelques acides organiques et, en particulier, par l'acide lactique racémique [1].

Nous poursuivons cette étude, et nous allons résumer le rôle des divers facteurs physiques dans cette gélification.

1° *Paraffinage.* — Afin de voir s'il existe une analogie entre la gélification en question et la coagulation du sang ou du plasma, nous avons effectué des essais, parallèlement dans des tubes paraffinés et non paraffinés : nous avons constaté que l'enduit paraffiné n'exerce aucune action sur la rapidité d'apparition ou sur l'aspect du gel lacto-sérique [2].

2° *Sens d'addition.* — On sait que certaines actions intercolloïdales

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1271.

(2) Toutes ces expériences ont été effectuées avec du sérum de cheval.

dépendent du sens d'addition des réactifs; il en est de même dans la lacto-gélification : en additionnant du sérum à l'acide lactique elle est plus rapide que si l'on opère dans un sens inverse.

3° *Concentration.* — La concentration, soit de l'acide, soit du sérum, présente un intérêt particulier : la moindre addition d'eau à l'un de ces deux réactifs retarde énergiquement la gélification (Tableau I) :

Tableau I. — *Concentration et rapidité de la gélification* (sérum, $2^{cm^3}$; acide, $0^{cm^3},2$).

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Dilution pour 100 du sérum | 0 | 50 | 37,5 | 25,0 | 12,5 |
| Temps de gélification (en minutes) | 285 | 1500 | 720 | 510 | 360 |

La dilution de l'acide à 50 pour 100 provoque également un retard de la gélification : ainsi l'addition à $2^{cm^3},2$ du sérum de $0^{cm^3},2$ de l'acide lactique pur donne, dans des conditions expérimentales déterminées, un gel au bout de 160 minutes, tandis que ce gel ne se forme pas avant 820 minutes, si l'on ajoute $0^{cm^3},4$ de l'acide dilué de moitié.

4° *Age.* — Au cours de son vieillissement, le sérum présente des variations, périodiques semble-t-il, de sa capacité de gélification (Tableau II) :

Tableau II. — *Age du sérum et rapidité de gélification.*

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temps de conservation (en heures) | 2 | 7 | 12 | 18 | 24 | 48 | 72 | 96 | 144 | 192 |
| Temps de gélification (en minutes) | 9 | 18 | 25 | 13 | 30 | 50 | 70 | 80 | 165 | 95 |

5° *Température.* — Le rôle des variations de la température, dans la gélification du sérum par l'acide lactique, est très intéressant. Tout d'abord, la gélification est d'autant plus rapide que la température est élevée (Tableau III) :

Tableau III. — *Température et rapidité de gélification.*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Température (en degrés C.) | 3,0 | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 33,0 | 45,0 | 55,0 |
| Temps de gélification (en minutes) | 100 | 55 | 20 | 15 | 12 | 5 | 2 |

*Le chauffage préalable* du sérum, pendant 1 heure à 55° C., ou *la congélation*, ne modifient pas sensiblement la rapidité de la gélification.

Un phénomène extrêmement curieux s'observe sur des gels obtenus à l'aide d'un sérum dilué avec de l'eau distillée : *un gel formé, porté ensuite à*

*la température d'environ* 45-50° C., *se liquéfie* parfaitement, en fondant comme un glaçon, *et réapparaît par refroidissement*; *cette liquéfaction, et la gélification ultérieure, peuvent être reproduites* un nombre considérable de fois (nous avons effectué 11 liquéfactions successives).

6° *Rayons ultraviolets.* — Sous l'action des rayons ultraviolets la gélification est très nettement accélérée, en dehors de toute élévation de température : ainsi, dans les mêmes conditions expérimentales, un mélange irradié se gélifie en 70 minutes, tandis que le même mélange, séparé de la source rayonnante par une plaque de verre, se gélifie en 90 minutes.

7° *Rayons X.* — D'après quelques essais préliminaires, les rayons d'une longueur d'onde de 1,5 Å (distance de la fenêtre, $5^{mm}$; fenêtre d'environ $0^{mm},1$ d'épaisseur; intensité dans le tube, 20 milliampères; tension, 3000 volts) semblent accélérer la gélification étudiée : le temps nécessaire à cette gélification est raccourci d'un tiers environ.

8° *Tension superficielle.* — Nous avons ajouté aux mélanges du sérum avec l'acide lactique divers corps chimiques, actifs au point de vue capillaire (pyridine, triméthylamine, peptone, lécithine, alcool, éther, acétone, glycocholate de Na, benzoate de Na, salicylate de Na, acide camphosulphonique et son sel sodique) : dans tous ces cas l'accélération de la gélification a été très forte (2 à 5 fois).

9° *Viscosité.* — Les substances visqueuses (saccharose, glucose, glycérine, gomme arabique et pectine) raccourcissent aussi le temps de formation du gel lacto-sérique; mais leur action est loin d'être aussi prononcée que celle des substances abaissant la tension superficielle.

10° *Suspensions.* — L'incorporation des diverses poudres dans du sérum (talc de Venise, kaolin, terre d'infusoires, noir animal et lycopode) accélèrent la gélification, même après la décantation. On s'explique de cette façon le fait que les sérums troubles donnent des temps de gélification plus faibles que les sérums parfaitement transparents : ainsi, le chiffre moyen des premiers est de 165 minutes (47 cas), tandis que celui des seconds est de 220 minutes (66 cas).

11° *Dialyse.* — Lorsqu'on soumet un gel lacto-sérique à la dialyse contre l'eau distillée, on observe sa liquéfaction progressive; cette liquéfaction n'est pas totale : après 4 jours de dialyse, ni la réaction réelle, ni la tension superficielle, ni la viscosité ne sont revenues à leur taux normal; par ailleurs la pression d'hydratation micellaire est minime, tandis que la séparation des fractions colloïdales indispersibles est achevée.

12° *Agitation.* — En connexion avec cette liquéfaction par dialyse, il faut signaler celle par agitation énergique; toutefois, si après chaque agitation le gel se reforme de nouveau, le temps de cette gélification consécutive est plus long.

HORMONES. — *Sur une substance isolée de l'adénocarcinome de la mamelle de Souris, capable d'activer la croissance et d'avancer le développement génital chez les Rats jeunes.* Note [1] de Mme **N. Dobrovolskaia-Zavadskaia** et M. **P. Zéphiroff**, présentée par M. F. Mesnil.

En examinant au microscope les tumeurs de notre stock de Souris servant pour l'étude de l'hérédité du cancer, nous avons trouvé plusieurs fois des végétations adénomateuses bénignes au voisinage d'un adénocarcinome de la mamelle. Cette observation nous a conduits à la supposition qu'il y avait, peut-être, un produit, émanant de la tumeur, qui déterminait ce phénomène. Cette idée a servi de point de départ aux recherches dont quelques résultats préliminaires font l'objet de cette Note.

Notre attention ne sera retenue en ce moment que par la fraction que l'on obtient par l'extraction, au moyen d'eau alcalinisée, du résidu insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Cette eau alcalinisée est ensuite précipitée par de l'alcool acidulé, le précipité est dissous dans l'eau alcalinisée, et la solution neutre ainsi obtenue est injectée aux Rats jeunes [2].

Quatre lots de tumeurs ont été analysés jusqu'ici :

1° 45g de masse tumorale ont donné 50cm³ de solution. Injections quotidiennes à une femelle de Rat de 2 semaines et demie environ; 10 jours plus tard, sacrifice de l'animal injecté et de sa sœur de la même portée, non injectée. La taille est plus grande, l'utérus et les ovaires sont sensiblement plus développés chez l'animal injecté que chez le témoin.

2° 25g de masse tumorale, 25cm³ de solution. Injection de 0,3 à 0cm³,5 à l'un des 2 Rats femelles de la même portée, née 3 semaines avant. Après 11 injections espacées sur 17 jours, le vagin s'est ouvert et l'œstrus a été observé au microscope. A ce moment la femelle injectée pesait 34g et le témoin 31g. On a fait encore 3 injections, et 3 jours après, on a sacrifié les animaux. La femelle injectée pesait à ce moment 43g

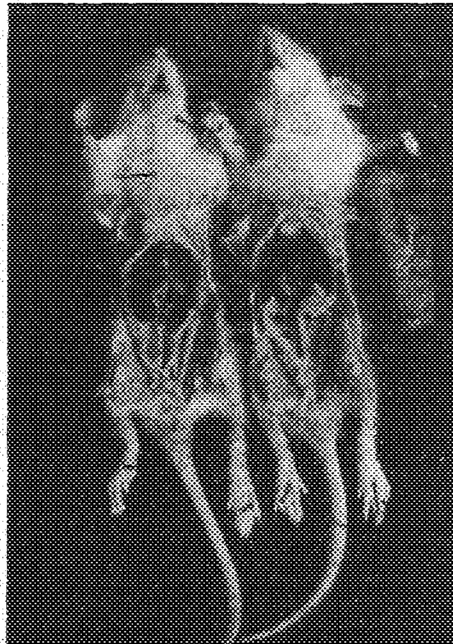
---

(1) Séance du 23 mai 1934.

(2) Les détails de la technique chimique doivent être encore mis au point parce que la solubilité du produit obtenu n'a pas été toujours la même, ce qui explique les quantités irrégulières des solutions indiquées plus bas.

et celle de contrôle 38$^{g}$, le vagin de cette dernière restant complètement fermé. A l'autopsie (voir la figure), l'utérus de la femelle injectée est plus large et un peu plus long que celui de la femelle non injectée. Les follicules sont petits, mais visibles chez les deux animaux; chez la femelle injectée, l'un semble un peu rougeâtre.

3° 65$^{g}$ de masse tumorale, 25$^{cm^3}$ de solution. Injections de 0,4 à 0$^{cm^3}$,5 à l'une des deux femelles de la même portée née 20 jours avant. Poids initial de la femelle injectée 16$^{g}$,5, celui de la femelle de contrôle 17$^{g}$. Ouverture du vagin après trois injections.



Expérience 2. — La taille est plus grande et l'utérus plus gros chez la femelle injectée (à droite) que chez le témoin (à gauche).

L'animal pesait à ce moment 25$^{g}$,5 contre 21$^{g}$ chez la femelle témoin. Encore 5 injections espacées sur 22 jours et sacrifice des animaux. Poids de la femelle injectée, 50$^{g}$, celui du témoin 36$^{g}$,5; son vagin reste fermé. A l'autopsie, l'utérus est nettement plus grand chez la femelle injectée, ses ovaires ne sont qu'un peu plus gros que ceux de l'autre femelle.

4° 50$^{g}$ de tumeur. La solution (50$^{cm^3}$) s'est montrée cette fois plus toxique que dans les expériences précédentes, et les deux femelles injectées ont péri avant qu'il y ait eu un résultat net. Un mâle de la même portée, qui a été également injecté, a mieux supporté ce traitement, et après 3 injections espacées sur 10 jours, il pesait 31$^{g}$, tandis que l'animal de contrôle n'a atteint que 25$^{g}$. A l'autopsie, ses vésicules séminales n'ont présenté aucune augmentation notable.

On voit ainsi que l'action la plus frappante de la substance isolée des tumeurs spontanées de Souris est d'accélérer la croissance de l'organisme jeune (poids de $43^g$ contre 38 dans l'expérience n° 2; $50^g$ contre 36,5 dans l'expérience n° 3, et $31^g$ contre 25 dans l'expérience n° 4). Son action plus particulière sur les organes génitaux se manifeste par l'ouverture précoce du vagin et l'apparition de l'œstrus. Dans les conditions normales, nous n'avons jamais observé l'ouverture du vagin chez le Rat avant 7 semaines, et dans ce cas le poids n'était pas inférieur à $45^g$. Mais, nous avons quelques observations précises, où à l'âge de 8 semaines et avec le poids de $55^g$, une fois même à l'âge de 2 mois et demi, le vagin restait fermé. Chez les femelles injectées, l'ouverture du vagin est survenue à 4 et à 5 semaines et demie.

A en juger par ses propriétés physiologiques et les conditions de son isolement, la substance en question peut être considérée comme une hormone. Elle est hydrosoluble, ce qui la distingue des hormones du type folliculine et elle résiste à un certain degré d'alcalinité, ce qui la différencie des prolans. Cette résistance assez considérable à l'alcalinité, ainsi que ses propriétés physiologiques, permettent de la rapprocher de l'hormone de croissance isolée du lobe antérieur de l'hypophyse par Long et Evans [1].

La séance est levée à $15^h 25^m$.

A. Lx.

---

[1] *Anat. Rec.*, 21, 1921, p. 62.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUIN 1934.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

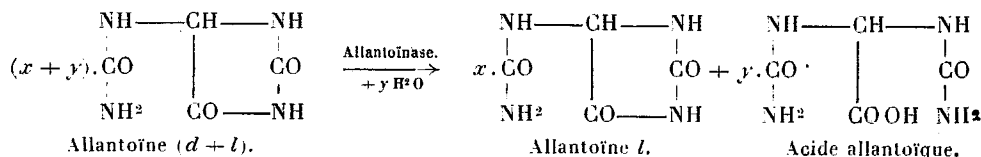
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Allantoïne dextrogyre. Sa présence dans le règne végétal* (Platanus orientalis). Note de MM. **R. Fosse**, **P.-E. Thomas** et **P. de Graeve**.

L'allantoïne, connue avant nos recherches sous une seule forme optiquement inactive, prétendue indédoublable, est en réalité un composé racémique comme l'exige d'ailleurs sa formule dissymétrique [1].

L'isomère lévogyre, très soluble et facilement racémisable, se forme, ainsi que nous l'avons démontré, à côté d'acide allantoïque, au cours de la fermentation de l'allantoïne sous l'influence de l'allantoïnase.

Par suite de sa plus grande vitesse d'hydratation fermentaire, l'isomère dextrogyre disparaît plus vite que le lévogyre, ce qui permet d'isoler ce dernier :



Allantoïne (d + l). Allantoïne l. Acide allantoïque.

1. Pour compléter et contrôler ces résultats, il était nécessaire d'obtenir l'allantoïne dextrogyre inconnue. En 1881, E. Schultz et J. Barbieri [2]

---

[1] R. Fosse, P.-E. Thomas et P. de Graeve, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 689 et 1374.

[2] *Berichte der deutsch. Chem. Gesells.*, 14, 1881, p. 1602.

ont retiré, des jeunes pousses de platane, à côté de l'asparagine, l'allantoïne, découverte en 1799 par Vauquelin et Buniva ([1]) dans le liquide amniotique de la vache.

Schultz et Barbieri réalisent la séparation des deux principes par les opérations suivantes : *chauffage* avec l'oxyde de cuivre des extraits obtenus en traitant par l'eau chaude les jeunes pousses de platane, *préalablement desséchées;* élimination de l'asparagine cuivrique par filtration; *évaporation* des eaux mères et cristallisation du résidu dans l'eau, *à chaud*.

Puisque l'allantoïne lévogyre se racémise sous l'influence de la chaleur, la technique suivie par ces savants ne permet pas d'isoler l'allantoïne active si elle existe dans la plante.

En soumettant les feuilles de platane à la méthode d'isolement qui nous a déjà donné l'allantoïne lévogyre ($\alpha_D = -92^\circ$), nous avons obtenu son isomère dextrogyre ($\alpha_D = +92^\circ$), but de nos recherches.

Ainsi ont été découverts à la fois : une substance chimique nouvelle et un nouveau principe naturel des végétaux.

2. *Démonstration de la présence d'allantoïne dextrogyre dans les feuilles de* Platanus orientalis. — Broyer le végétal (poids $1000^g$, époque de la récolte, 10 mai 1934); soumettre le produit à la presse hydraulique après mélange avec son demi-poids d'eau; déféquer le suc par l'acétate basique de plomb; centrifuger aussitôt et précipiter le plomb par $H^2S$; chasser $H^2S$ par courant d'air et précipiter la liqueur par le réactif acétate de mercure-sodium de Wiechowski; centrifuger, laver, délayer le dépôt mercurique dans l'eau ($30^{cm^3}$); le décomposer par $H^2S$; éliminer HgS et chasser $H^2S$ par courant d'air; examiner la liqueur au polarimètre.

Rotation observée : $+30'$ environ (tube de $2^{dm},2$). La liqueur alcalinisée et abandonnée à la température ordinaire perd peu à peu son pouvoir rotatoire; après acétification légère, elle laisse déposer des cristaux d'allantoïne racémique.

3. *Isolement de l'allantoïne dextrogyre.* — Broyer $10^{kg}$ de feuilles; délayer le produit dans $5^l$ d'eau; exprimer à la presse; déféquer le suc par 15 pour 100 de son volume d'acétate basique de plomb en réduisant le plus possible la durée de contact avec ce réactif; précipiter aussitôt par $H^2S$ la liqueur centrifugée; chasser $H^2S$ par courant d'air et précipiter par le réactif de Wiechowski; centrifuger, laver, délayer le dépôt mercurique dans l'eau ($300^{cm^3}$); le décomposer par $H^2S$; séparer HgS par

([1]) *Ann. Chim.*, 1re série, 33, 1800, p. 1602.

centrifugation; chasser $H^2S$ et filtrer; provoquer une nouvelle précipitation par le réactif de Wiechowski; laver et décomposer le dépôt par $H^2S$; éliminer HgS par centrifugation et l'excès de $H^2S$ par courant d'air; acétifier la liqueur et l'évaporer à sec dans le vide.

*Cristallisation de l'allantoïne dextrogyre.* — Épuiser le résidu avec de l'eau légèrement acétique au bain d'eau réglé à 40°; séparer le dépôt moins soluble d'allantoïne racémique; laisser cristalliser la liqueur dans la glace; après plusieurs cristallisations semblables, faire cristalliser une dernière fois dans l'eau pure.

4. *Pouvoir rotatoire spécifique en solution aqueuse à* 20° :

Trouvé : $\alpha_D = +92°$; matière, $0^g,1755$; volume, $20^{cm^3}$; longueur du tube, $2^{dm},2$; $\alpha$ lu $= +1°47'$.

5. *Forme cristalline.* — M. P. Gaubert a examiné nos cristaux. Les trois formes d'allantoïne, dextrogyre, lévogyre et racémique se présentent, suivant les conditions de la cristallisation, soit en longues aiguilles groupées, soit en prismes courts isolés. Les uns et les autres appartiennent au système monoclinique.

6. *Action de l'isomère droit sur l'isomère gauche.* — Le mélange à volumes égaux des solutions légèrement acétiques des deux isomères (1,5 pour 100) se trouble et abandonne des cristaux d'allantoïne racémique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le problème des Rouilles du Blé et les montagnes.* Note de M. **J. Costantin.**

Les comptes rendus du *Congrès de la défense sanitaire des Végétaux* tenu à Paris du 24 au 26 janvier 1934 renferment une bonne mise au point du problème des Rouilles des Céréales par M. Guyot, professeur à Grignon; il n'a pas eu connaissance d'une Note un peu antérieure publiée par moi le 8 janvier 1934, de sorte que les importants travaux agricoles de M. H. K. Burton y sont omis; ils sont cependant en harmonie avec ceux de M. Mehta dans l'Inde qu'il mentionne.

On sait depuis Tulasne et de Bary que la Rouille noire (*Puccinia graminis*) [1] donne sur l'Épine-Vinette des écidiospores et sur le Blé des urédospores puis des téleutospores. On a cru autrefois que ces deux hôtes

[1] Je ne parle pas ici de la Rouille brune (*P. triticina* ecidies sur *Thalictrum*), ni de la Rouille jaune (*P. glumarum* qui n'a pas de deuxième hôte).

étaient nécessaires au Champignon; on a prouvé aujourd'hui qu'il n'en est rien et que le *Berberis vulgaris* peut manquer sans que la Rouille du Blé disparaisse.

Le stade uredo peut se maintenir pendant l'hiver dans les pays à climat peu rigoureux où la moyenne du mois le plus froid oscille entre + 5° et + 15°. On peut le trouver depuis la fin d'octobre jusqu'en mars soit sur les repousses de certains Blés cultivés, soit sur les graminées sauvages (*Dactylis glomerata*, *Poa pratensis*). Aussi quand les feuilles du Blé de printemps pointent hors du sol, sont-elles contaminées par ces urédospores persistantes ou par celles nouvellement formées aux dépens du mycélium urédosporifère qui subsiste dans les *plantes-refuges*. La température optimale pour la germination des urédospores varie entre + 9 et + 13°; la durée de la conservation de leur vitalité est de 120 à 128 jours (Reader et Bever).

Cela ne veut pas dire que les écidiospores développées sur l'Épine-Vinette ne contribuent pas parfois sérieusement à la propagation de la maladie sur le Blé : on va le voir, c'est un stade très critique.

Comment se comporte le Blé dans les hautes latitudes et les hautes altitudes?

Les Rouilles sont *rares dans le Nord* de l'Europe (Angleterre, Écosse, Pays de Galles, Danemark). En Suède, la Rouille est *pratiquement inconnue* dans les districts du Nord et de l'Ouest.

D'autre part, on sait depuis longtemps (Schrœter, 1906; Ivanof, 1907) que le *climat alpin* exerce une influence sur les Urédinées parce qu'il tend à raccourcir leur développement en réduisant les générations successives d'urédospores. Les grands froids tuent les urédospores (unicellulaires et orangées); mais les téleutospores (spores d'hiver, noires et bicellulaires) restent vivantes sous la neige en haute altitude, aussi au printemps sont-elles encore aptes à germer et à contaminer les Épines-Vinettes s'il y en a dans les montagnes, ce qui n'est d'ailleurs pas rare. S'il n'y en avait pas, théoriquement, il ne devrait plus y avoir de Rouille : le froid alpestre stériliserait la contrée et le Blé vis-à-vis du Champignon.

Pratiquement dans les montagnes françaises il arrive parfois que les Céréales alpestres, notamment les Seigles dans le Briançonnais sont sévéremment attaqués en montagne, au cours d'années où la Rouille noire est insignifiante sur l'ensemble du territoire français (¹). On explique cette anomalie par l'abondance de l'Épine-Vinette dans la région montagnarde. C'est probablement pour cela que dans nos cultures de Blé

---

(¹) Guyot, *Cong. Déf. sanit. des végétaux*, 1, 24-26 janvier 1934, p. 182; 2, p. 141 (*Ligue nationale de lutte contre les Ennemis des végétaux*).

de 1932 des Hautes-Alpes (canton de La Grave, en connexion avec le Briançonnais) ont été fortement rouillées; elles ont eu cependant une allure superbe.

Je sais qu'on a obtenu de magnifiques cultures d'Orge dans les Pyrénées, en 1933, à plus de 2000$^{m}$ d'altitude.

Je crois qu'il serait erroné de déduire des constatations précédentes que le climat montagnard n'agit pas sur les Rouilles.

Dans les climats méridionaux, les fortes chaleurs estivales mettent obstacle à la propagation des Rouilles parce que les urédospores n'y peuvent plus germer, mais la Rouille existe à l'état latent. Cette remarque faite et en admettant l'influence montagnarde, on a la clé des trois faits suivants :

1° *En Grèce*, M. Stakman a expliqué l'absence de Rouille dans la plaine de l'Attique par l'action des chaleurs estivales : la Rouille existait mais sans s'étendre. Sur les montagnes bordant cette plaine, il a constaté, au contraire, que la maladie sévissait avec intensité. L'épidémie manquait donc en plaine (en apparence) et était intense en montagne, ce qui paraît contradictoire avec une action heureuse de l'altitude. En réalité, il y avait des milliers de buissons de *Berberis cretica* (remplaçant le *Berberis vulgaris*) sur les hauteurs et ils hébergaient les écidies propageant la maladie.

*En Italie*, la Rouille noire (*P. graminis*) est presque inexistante dans le Sud par les chaleurs d'été, tandis qu'elle détermine de gros dégâts dans les régions montagneuses du Nord, où les Épines-Vinettes abondent.

*C'est donc surtout dans les montagnes qu'il faut détruire l'Épine-Vinette.*

*Dans l'Inde*, M. Mehta (1931) a signalé que le *P. graminis* ne résiste pas aux hivers rigoureux à une *forte altitude* de 7600 pieds (à Muktesar, 2280$^{m}$). L'été les urédospores ne germent plus dans les régions de plaine voisines, où la température est trop forte.

Au contraire, aux *altitudes moyennes* de 5000 pieds (Almora, 1500$^{m}$), les vents tièdes et humides permettent la survivance des urédospores et la contamination a lieu par les basses vallées. Peuvent-elles contaminer les parties plus élevées? Il semble que non.

Je crois que tous les faits qui viennent d'être énumérés conduisent à penser que l'on pourrait sans doute arriver, après l'élimination stricte de tous les pieds de *Berberis vulgaris* des montagnes, à avoir, dans les prairies alpines, des cultures qui, comme celles de la Suède du Nord, seraient pratiquement sans Rouille.

Ce qui me fait penser qu'un pareil résultat peut être atteint, c'est qu'il a déjà été réalisé dans des expériences agricoles en grand poursuivies au Kenya, colonie anglaise d'Afrique, par M. Burton (H. K.) depuis 1926-1928. Il affirme être arrivé à avoir des champs entiers de Blé de la variété *Equator* présentant *une parfaite immunité vis-à-vis du Puccinia graminis*,

*mais seulement à des altitudes supérieures à* 2100$^m$ (¹). Ce que M. Mehta (1931) a observé dans l'Inde s'accorde avec les résultats du Kenya.

Il serait important de réaliser en France des essais analogues et il ne paraît pas chimérique d'y songer; mais il faudrait, au préalable, détruire les Épines-Vinettes notamment celles du Briançonnais qui est la région où se font nos expériences dans les Hautes-Alpes (Villard d'Arène, La Grave, etc.). Est-ce impossible? Je ne le pense pas.

Je crois que c'est en haute altitude et non en plaine que la sélection au point de vue de la Rouille doit être entreprise. Le climat alpestre favorisera peut-être (je vais dire pourquoi j'ai cette opinion) le développement de la résistance même, chez les types qui pourraient être sans Rouille.

Ce qui me fait penser que la culture en montagne conduira à la découverte de variétés résistantes, c'est ce qu'apprend la culture du Caféier, plante qui a aussi à lutter contre une Rouille très redoutable, l'*Hemileia vastatrix* (²).

En accord avec ce qu'il vient d'être exposé, on sait que c'est à une certaine altitude que la culture du *Coffea arabica* réussit le mieux; les basses altitudes conduisent à des déceptions et c'est à cause du développement d'une Rouille spéciale, l'*Hemileia vastatrix*, distincte des Puccinies (d'après ce qu'on sait à Ceylan, Java, Indes, etc.).

Les expériences de Dowson (1921) sur le nandi (*Coffea eugenioides*) au Kenya ont prouvé que l'influence de la résistance de cet arbre vis-à-vis du parasite (*Hemileia vastatrix*) croît avec l'altitude.

*En résumé :* L'altitude peut servir à combattre les diverses Rouilles soit du Blé (*Puccinia*) probablement, soit du Caféier (*Hemileia*) certainement; il est vraisemblable que c'est là un résultat assez général contre les Urédinées et peut-être contre d'autres Champignons, sans doute aussi contre beaucoup de parasites (Bactéries, virus).

Il est à désirer que l'on parvienne à faire détruire les Épines-Vinettes au moins dans les régions montagnardes (Briançonnais) où des expériences sont entreprises sur la culture de Blé en montagne.

Si l'on parvenait à constater, après la destruction des *Berberis* que la Rouille devient pratiquement inexistante comme en Suède, ce résultat

---

(¹) J'ai parlé antérieurement de ces expériences (*Comptes rendus*, 198, 1934, p. 131.

(²) J'ai exposé ces faits en 1930 dans un travail intitulé : *Influence de l'altitude en pathologie végétale* (*Rev. de Bot. appl. et d'Agric. trop.*, 10, 1930, n° 111, p. 851).

serait une preuve décisive que la Rouille montagnarde vient exclusivement de la survivance des teleutospores au printemps.

On aurait ainsi une technique pour avoir des cultures sans Rouille en montagne : ce qu'a fait M. Burton au Kenya montre qu'on peut réussir. Il indique, en outre, une technique moins parfaite pour les altitudes moyennes et basses ([1]). Le problème est extrêmement complexe.

Il semble néanmoins qu'une voie nouvelle s'ouvre pour lutter contre le plus grand fléau de l'Agriculture.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur le traitement de l'air en vue d'en retirer comme produits essentiels le krypton et le xénon, et sur l'application de ces gaz aux lampes à incandescence.* Note de M. **Georges Claude**.

J'ai la satisfaction d'annoncer à l'Académie l'aboutissement prochain, grâce à mes collaborateurs, d'idées longtemps exprimées et poursuivies par moi, touchant la possibilité de substituer le krypton et le xénon à l'argon dans les lampes à incandescence.

Pour arriver à ce résultat, deux ordres de travaux ont dû être poursuivis depuis de longues années : d'une part, il a fallu mettre au point peu à peu des procédés capables de produire ces gaz en quantité suffisante, malgré leur extrême rareté dans l'air, seule source actuellement utilisable; d'autre part, on a dû déterminer les conditions convenables pour la meilleure utilisation de ces gaz dans les lampes à incandescence.

Sur le premier point, mes travaux personnels, attristés en 1926 par la mort de mon jeune collaborateur Ribaud, ont été poursuivis dans la voie que je m'étais tracée dès 1907 et qui a tout d'abord abouti à l'extraction du néon et de l'hélium. Cette voie tendait, comme on le sait, à obtenir ces corps comme simples sous-produits de l'industrie de l'oxygène et de l'azote. Après de nombreux échecs dus à des anomalies de vaporisation du krypton et du xénon liquides, j'ai dit ([2]) comment, aidé par les travaux de M. Lepape, j'ai pu arriver à extraire couramment de nos appareils 30 à 40 pour 100 du krypton et du xénon de l'air traité.

Avec des appareils à oxygène comme ceux de nos usines de Boulogne,

---

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 132.
([2]) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 581.

traitant $3000^{m^3}$ d'air par heure, c'est la possibilité de retirer de chacun 20 à $30^l$ de krypton et 3 ou $4^l$ de xénon par jour. Depuis lors, les appareils ont été améliorés : on peut compter sur des rendements de 50 à 60 pour 100.

Ces résultats faisaient déjà entrevoir la possibilité d'un commencement de réalisation pour une suggestion formulée pour la première fois en 1918 à la *Société des Ingénieurs civils* (*Comptes rendus de la Société des Ingénieurs civils*, 1918, p. 68).

« Si l'argon, avais-je dit, doit sa supériorité dans les lampes à incandescence à sa densité, de combien doit-il être distancé par ces autres gaz énigmatiques de l'air, ce krypton, deux fois plus dense que l'argon, et cet invraisemblable xénon qui, lui, est une fois et demie plus dense que le krypton, et à quels rendements prestigieux ne pourrait-on atteindre avec eux, si leur proportion infinitésimale dans l'air ne laissait guère d'espoir d'en fabriquer jamais de suffisantes quantités.... »

Revenant sur ce sujet dans une Conférence à la Sorbonne sur la *Recherche scientifique* (1), je m'exprimais ainsi :

« ... On sait qu'au lieu de s'évertuer à faire dans les lampes à incandescence le *vide* le plus parfait possible, on les remplit maintenant d'argon : en retardant ainsi la volatilisation du filament, on peut le pousser à une température où l'augmentation énorme du rendement lumineux compense, et bien au delà, une perte par conductibilité remarquablement faible, que l'argon semble devoir à la grosseur de ses molécules. Aussi court-il le risque d'être un jour détrôné, sinon par le xénon, trois fois plus dense (2) mais déplorablement rare, *sauf la réserve ci-dessus*, du moins par le krypton, encore deux fois plus dense et autre sous-produit possible de l'air liquide. »

Cette fois, on le voit, la possibilité pratique d'employer le krypton est nettement admise, et je n'élimine le xénon pour cause de rareté, que sous bénéfice d'une réserve formulée à la page précédente et qui est la suivante :

« Remarquons que la rareté *actuelle* d'un corps n'est pas une raison suffisante pour abandonner une conception rationnelle permise par ce corps. Un corps, généralement, n'est rare que tant qu'il ne sert à rien. Le besoin démontré, l'organe suit. Le thorium et le cérium étaient des corps rares par excellence : une des anomalies les plus étonnantes de la matière, l'aptitude merveilleuse à l'incandescence du mélange de thorine avec 1 pour 100 de cérine est découverte par Auer : bientôt, les sables monazités les fourniront à profusion. Ainsi du vanadium, du tungstène, du molybdène, réclamés par la métallurgie; ainsi de l'argon et du néon, tirés de l'air liquide; ainsi de l'hélium, tiré des gaz naturels des États-Unis dès que les besoins de l'aéronautique en montrent l'intérêt. »

---

(1) 10 octobre 1921.

(2) J'avais dit par erreur six fois : c'était par rapport à l'air.

Ainsi l'emploi du xénon m'apparaît toujours improbable en raison de son extrême rareté, mais je fais la réserve d'une de ces surprises, toujours possibles du fait des innombrables ressources de la science.

Or cette voie prudente s'est trouvée récemment justifiée d'une manière remarquable, grâce à cet état d'esprit conservé avec ténacité et transmis à mes collaborateurs. Non seulement le krypton sera désormais accessible dans des conditions économiques qui rendront possible son emploi dans la fabrication des lampes à incandescence, mais le xénon pourra participer à cette application dans une mesure qui rendra décisive l'amélioration obtenue.

C'est une idée très hardie de M. Gomonet qui l'a rendue possible. Tout le xénon et tout le krypton qu'on pourrait obtenir *comme sous-produits de l'industrie de l'oxygène* et de l'azote sont à peu près inexistants devant l'application possible aux lampes à incandescence : le principe qui m'avait guidé doit donc être abandonné. Il faut traiter d'énormes quantités d'air *spécialement* pour en tirer le millionième de krypton et le dix-millionième de xénon qu'il renferme !

Or, considérant les grands progrès que l'industrie de l'air liquide a réalisés par le perfectionnement des dispositifs de rectification ([1]) et par l'emploi de ces régénérateurs si habilement conçus et réalisés par Frankl ([2]), M. Gomonet a envisagé d'amener l'air traité pour ce but, apparemment si mince, jusqu'à la température de l'air liquide. Son procédé consiste, en gros, à laver des volumes d'air considérables, amenés exactement à la température nécessaire et dans des conditions convenables, par de toutes petites quantités d'air liquide, 3 à 5 pour 100 de la masse d'air gazeux à laver. Le krypton et le xénon, très peu volatils, sont retenus.

Des essais déjà effectués sur un petit appareil traitant $800^{m^3}$ d'air à l'heure ont permis de recueillir plus des 2/3 du krypton et du xénon. On peut envisager comme prochaine la réalisation d'appareils traitant 100 ou $200\,000^{m^3}$ d'air *à l'heure*, et je reviendrai ultérieurement sur cette question.

Reste à utiliser ces gaz.

Les premiers essais d'application aux lampes remontent à ma première réalisation de la synthèse de l'ammoniaque par les hyperpressions, aux fours à coke des mines de Béthune. C'est à cette occasion que j'ai suggéré à

---

([1]) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1194.
([2]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 919.

la Société des Applications électriques d'Arras, filiale des mines de Béthune, d'entreprendre des essais en remplissant des lampes de mines de sa fabrication à l'aide du krypton qu'à cette époque, M. Lepape était déjà en mesure de fabriquer en petites quantités par l'élégant procédé qu'il a imaginé.

Ces essais furent mis en route de suite.

Le 11 juin 1923, le directeur de cette Société m'écrivait à ce propos :

« Nous avons fait de nouveaux essais sur deux ampoules au krypton. L'une n'a rien donné de bien saillant, l'autre a confirmé les résultats de la semaine précédente, c'est-à-dire survoltage 100 pour 100 et durée de plusieurs heures sans échauffement appréciable, tandis que les ampoules identiques à vide, azote ou argon, survoltées dans les mêmes conditions, n'ont duré que quelques secondes. »

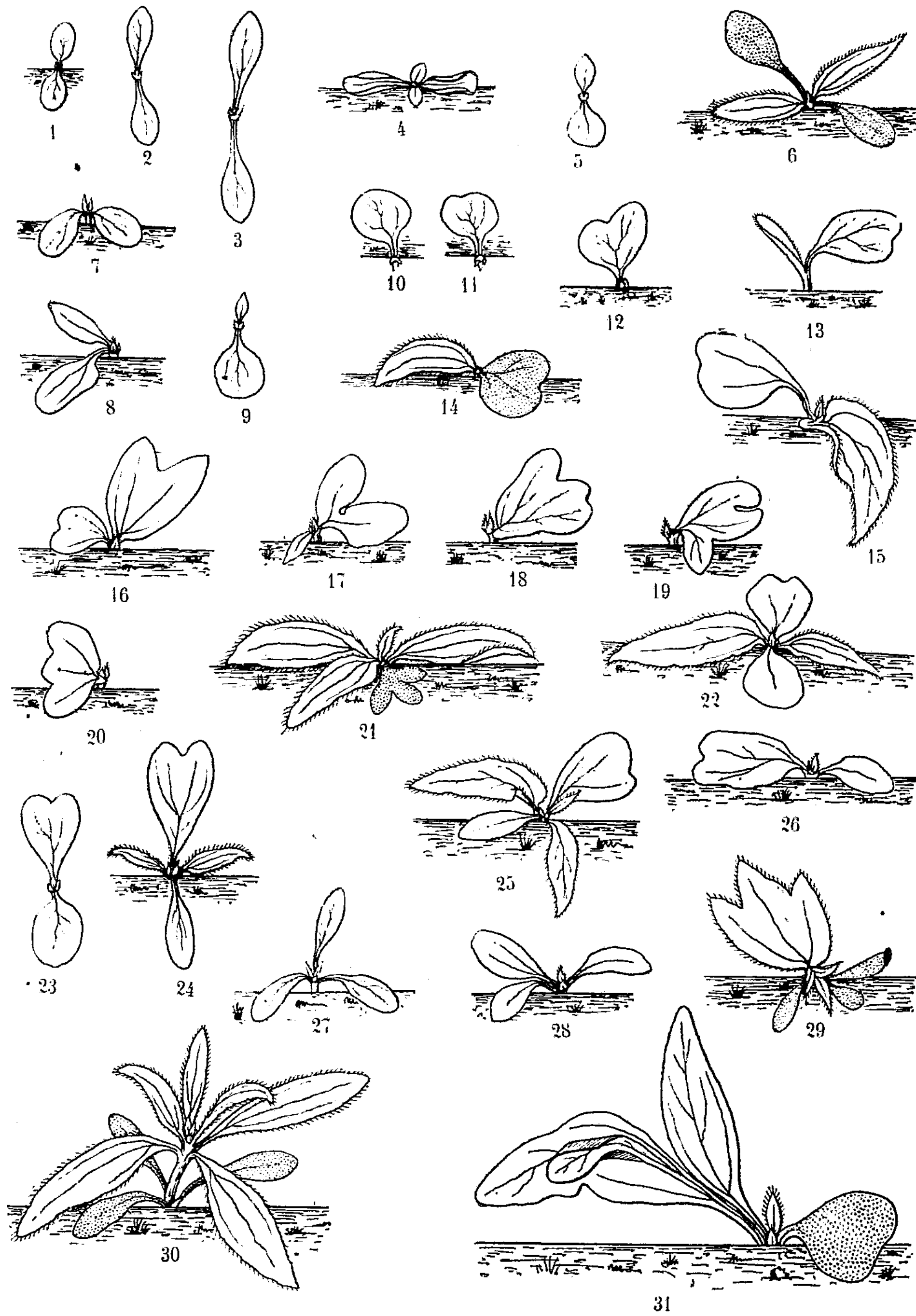
Cette lettre montre que, dès cette epoque, cette question avait été nettement posée par moi sur le terrain expérimental et industriel.

Continués par M. Lepape et M. Gomonet depuis cette date, ces essais sur les lampes ont été amenés récemment à la phase décisive par André-N. Claude, dont j'ai déjà signalé les remarquables travaux sur les tubes luminescents. Habilement secondé, en particulier, par M. Gomonet fils, il a pu préciser les conditions très spéciales dans lesquelles l'usage du krypton et du xénon donne tous ses avantages, l'augmentation de rendement pour les lampes du type de 25 watts n'étant alors pas moindre de 33 pour 100.

L'étendue de cette Note ne me permet pas plus d'entrer dans les détails sur cette question que sur le procédé de M. Gomonet.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations des plantules* d'Helianthus Dangeardi *à la septième génération sexuée*. Note de M. **Lucien Daniel**.

En 1932, j'avais obtenu 585 akènes sur un pied d'*Helianthus* issu de l'*H. Dangeardi* à la cinquième génération sexuée. En 1933, j'ai trouvé sur un descendant de ce même *Helianthus* 1626 akènes. Ainsi le retour à la fertilité du Topinambour s'était notablement accru à la suite de son greffage sur le Soleil annuel. A l'automne dernier, j'ai récolté sur ces pieds et sur d'autres exemplaires des générations sexuées précédentes plusieurs


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

milliers d'akènes, les uns entièrement noirs, les autres panachés de noir et de blanc. Je les ai semés sur couches le 17 avril. Leur germination a débuté le 2 mai et s'est prolongée jusqu'au 1er juin. Les jeunes plantules ont non seulement présenté des différences de précocité mais aussi des particularités remarquables dans la disposition, la forme et le nombre des cotylédons, ainsi que dans les feuilles et le géotropisme des tiges.

Le plus grand nombre des plantules présentaient des cotylédons normaux, égaux, arrondis et opposés, presque sessiles (*fig.* 1). Cependant il y en avait beaucoup d'anormaux à des degrés divers. Quelques-uns avaient des cotylédons à pétioles plus ou moins longs (*fig.* 2 et 3); d'autres portaient des cotylédons étroits, recourbés en gouttière (*fig.* 4). Souvent ces organes étaient de taille inégale comme limbe ou pétiole (*fig.* 5 et 6). Leur symétrie était troublée et ils s'inséraient sur l'axe en formant un angle plus ou moins aigu (*fig.* 7 et 8).

Chez bon nombre des jeunes germinations existaient trois cotylédons ou un seul; c'est un fait que j'avais déjà décrit et figuré chez les descendants de la Carotte greffée [1]. Il y avait aussi des cotylédons en apparence uniques (*fig.* 9 et 10), mais formés par l'union de deux cotylédons soudés complètement (*fig.* 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 31) ou réunis seulement par leur partie basilaire (*fig.* 17). D'autres pieds étaient pourvus de trois cotylédons réunis d'un seul côté de la plumule et présentant des pointes plus ou moins nettes (*fig.* 18, 19, 20 et 21).

D'autres individus possédaient un cotylédon normal auquel s'opposait un cotylédon bifide résultant évidemment de la soudure complète de deux de ces organes (*fig.* 22, 23, 24, 25 et 26). Quelques plantules étaient nettement tricotylées, soit en godet trifide à plumule centrale, soit séparées, symétriques (*fig.* 27 et 30) ou non (*fig.* 28 et 29).

A ces diverses formes embryonnaires correspondaient souvent des monstruosités foliaires. Des feuilles étaient toutes ternées (*fig.* 30); d'autres étaient à phyllotaxie variable ou monstrueuses. Tantôt elles s'étaient soudées par deux (*fig.* 16), tantôt par trois (*fig.* 29). Un exemplaire portait deux feuilles soudées par leur pétiole dont l'une s'était soudée par la nervure médiane à une feuille de l'étage supérieur qui avait pris la forme d'une gouttière (*fig.* 31). Une dizaine de pieds présentaient des tiges fasciées.

Ces résultats montrent non seulement que le greffage répété accentue la

---

(1) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 8e série, 8, 1898, p. 194.

production des monstruosités, mais aussi retentit sur la valeur sexuelle des associés et sur des caractères embryonnaires qui ont une importance fondamentale en classification.

M. **R. Bourgeois** s'exprime en ces termes (¹) :

J'ai l'honneur de déposer sur le Bureau de l'Académie l'*Atlas des Colonies françaises* que vient de faire paraître la Maison d'éditions géographique, maritime et coloniale.

Le point de départ de cet Atlas a été la constitution d'un Comité, à la Société de Géographie commerciale, pour l'utilisation d'une subvention obtenue par MM. Lorin et Perrot, du Consortium des Matières premières liquidé après la guerre.

Ce Comité se composait, sous ma présidence, de MM. Louis Gentil, Guillaume Grandidier, Henri Lorin, le Dr Neveu-Lemaire et le Dr E. Perrot. Il a presque au début perdu deux de ses membres, MM. Gentil et Lorin; en outre M. Neveu-Lemaire est parti pour trois ans en Perse.

Le Comité a confié la direction de la publication de l'Atlas à M. Guillaume Grandidier, qui a eu comme collaborateurs : M. M. Gautier pour l'Afrique du Nord, M. Henry Hubert, puis M. Delafosse pour l'Afrique Occidentale française, M. Bruel pour l'Afrique Équatoriale française et le Cameroun, M. May pour les colonies de l'océan Indien, M. E. Chassigneux pour l'Indochine, M. le Gouverneur des Colonies Julien pour les possessions du Pacifique austral, M. le Dr Neveu-Lemaire pour les Antilles et M. Reizler pour les petites colonies de la côte des Somalis, l'Inde, la Guyane, Saint-Pierre et Miquelon; enfin, M. Henri Froidevaux pour la Syrie. M. G. Grandidier a préparé lui-même les cartes et écrit le texte de Madagascar.

Les cartographes qui ont dessiné l'Atlas sont : MM. Hansen, Bergelin, Barralier et le commandant Delingette.

Enfin d'autres auteurs ont mis leurs travaux à la disposition de la Direction de l'Atlas : MM. Barrabé pour la géologie et minéralogie de Madagascar, Denaeyer pour la géologie de l'Afrique Équatoriale française, etc. Le chef de l'atelier de gravure a été M. Hausermann.

---

(¹) Séance du 28 mai 1934.

L'Atlas, dont vous pourrez apprécier la belle édition, fait le plus grand honneur à la Cartographie française et à la Maison d'éditions géographique, maritime et coloniale.

M. **Ch. Richet** fait hommage d'un Ouvrage de M. Francesco Cavazzi : *Vie et rajeunissement*, dont il a écrit la *Préface*.

## CORRESPONDANCE.

La **Société Portugaise de Chimie et Physique** adresse l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *C. Matignon*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Jean Thomas. *A travers l'Afrique Équatoriale Sauvage*. (Présenté par M. L. Joubin.)

2° *Tables crépusculaires*, par Jean Lugeon. (Présenté par M. Ch. Fabry.)

3° Ladislas Gorczyński. *Climat solaire de Nice et de la Côte d'Azur*. (Présenté par M. Ch. Maurain.)

### ALGÈBRE. — *Sur les zéros de la dérivée d'une fraction rationnelle.* Note (¹) de M. **J. Dieudonné**.

Je me propose de démontrer la proposition suivante : *Étant donné deux polynomes* $P(x)$ *et* $Q(x)$ *premiers entre eux, de degrés respectifs m et n* $(m \geqq n)$, *si tous les zéros de* $P(x)$ *sont intérieurs à un domaine circulaire* (C), *il existe au moins un zéro de la dérivée de la fraction* $P(x)/Q(x)$ *intérieur à* (C). Dans cet énoncé, un zéro multiple de P ou Q est considéré comme un zéro de la dérivée de P/Q.

Comme $m \geqq n$, on peut, par une transformation homographique, supposer que le domaine (C) est le demi-plan situé au-dessus de l'axe réel (demi-

(¹) Séance du 14 mai 1934.

plan *supérieur*). L'équation à étudier est

$$\varphi(x) = PQ' - QP' = 0. \tag{1}$$

Si $P(x)$ a un zéro multiple, la proposition est évidente; supposons donc que ses zéros $x_1, x_2, \ldots, x_m$ soient simples.

Si tous les zéros de (1) étaient dans le demi-plan inférieur, on aurait, pour tout point $x$ du demi-plan supérieur,

$$\frac{\varphi'(x)}{\varphi(x)} = \frac{PQ'' - QP''}{PQ' - QP'} = \frac{m+n-2}{x-z}, \tag{2}$$

où $z$ est un point dépendant de $x$, mais situé dans le demi-plan inférieur. On tire de (2)

$$\frac{\varphi'(x_k)}{\varphi(x_k)} = \frac{P''(x_k)}{P'(x^k)} = \frac{m+n-2}{x_k - z_k} \qquad (k = 1, 2, \ldots, m).$$

Mais $P''(x_k)/P'(x_k)$ est le résidu pour le pôle $x_k$ de la fraction rationnelle $P''(x)/P(x)$, qui a un zéro double à l'infini. Donc

$$\sum_{k=1}^{m} \frac{P''(x_k)}{P'(x_k)} = (m+n-2) \sum_{k=1}^{m} \frac{1}{x_k - z_k} = 0,$$

ce qui est impossible, les nombres $1/x_k - z_k$ ayant tous leur partie imaginaire *négative ou nulle*, et ne pouvant être tous nuls, puisque $P''(x)$ a au plus $m-2$ zéros. C. Q. F. D.

Ajoutons que, d'après un exemple dû à M. Biernacki [1], il n'est pas possible d'améliorer le résultat précédent sans faire d'hypothèses supplémentaires sur $P(x)$ et $Q(x)$.

RELATIVITÉ. — *Sur les systèmes de coordonnées transformables par le groupe de Lorentz*. Note de M. **J. Le Roux**.

Quand on connaît un système de coordonnées cartésiennes rectangulaires $S(x, y, z)$, tous les autres systèmes de même nature s'en déduisent par les transformations du groupe euclidien. En conséquence, deux systèmes $S(x, y, z)$ et $S'(x', y', z')$ ne peuvent être considérés simultanément comme

(1) *Sur les équations algébriques contenant des paramètres arbitraires* (Thèse) (*Bul. Acad. polon. des Sci. et des Lettres*, s. A, 1927, p. 673).

des systèmes cartésiens rectangulaires s'ils se déduisent l'un de l'autre par une transformation non réductible à ce groupe.

On peut poser le même problème pour le groupe de Lorentz. Je considère d'abord une équation homogène du second degré

$$f(x, y, z, t) = 0 \tag{1}$$

représentant un ellipsoïde quelconque en coordonnées homogènes. Si la variable $t$ était assimilée à un temps, l'ellipsoïde considéré pourrait être assimilé à une indicatrice de vitesse.

Le premier membre de l'équation (1) peut être décomposé en carrés de fonctions linéaires et homogènes des variables $x, y, z, t$. Supposons que l'on ait identiquement

$$f(x, y, z, t) \equiv \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 - \theta^2. \tag{2}$$

L'équation

$$\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 - \theta^2 = 0 \tag{3}$$

représente le même ellipsoïde que l'équation (1). Les variables $\xi, \eta, \zeta, \theta$ constituent alors un système de coordonnées tétraédriques, rapportées à un tétraèdre de référence conjugué par rapport à l'ellipsoïde. Inversement à tout tétraèdre conjugué, dont les faces seraient représentées par les équations linéaires et homogènes

$$X = 0, \quad Y = 0, \quad Z = 0, \quad T = 0,$$

correspond une équation de l'ellipsoïde sous la forme homogène

$$a^2X^2 + b^2Y^2 + c^2Z^2 - d^2T^2 = 0. \tag{4}$$

On peut même, à cause de l'homogénéité, choisir les coefficients de telle manière que le premier membre de l'équation (4) soit identique à $f(x, y, z, t)$.

En posant

$$aX = \xi, \quad bY = \eta, \quad cZ = \zeta, \quad dT = \theta,$$

on obtient un système de coordonnées tétraédriques satisfaisant à l'identité (2).

Le groupe de Lorentz est caractérisé par l'invariance de la forme $\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 - \theta^2$. La condition nécessaire et suffisante pour que deux systèmes $S(\xi, \eta, \zeta, \theta)$ et $S'(\xi', \eta', \zeta', \theta')$ se déduisent l'un de l'autre par une

transformation du groupe de Lorentz est que l'on ait identiquement

$$\xi^2+\eta^2+\zeta^2-\theta^2 \equiv \xi'^2+\eta'^2+\zeta'^2-\theta'^2. \tag{5}$$

Donc chacun de ces systèmes correspond à un tétraèdre conjugué par rapport à l'ellipsoïde fondamental, et, à chaque tétraèdre conjugué, correspond un système de coordonnées tétraédriques de l'ensemble transformable par le groupe de Lorentz.

Si l'on change d'ellipsoïde fondamental le groupe conserve la même forme, mais les coordonnées changent de valeurs et les tétraèdres de référence se modifient. En général deux ellipsoïdes différents n'ont qu'un seul tétraèdre conjugué commun.

Cherchons les relations entre les coordonnées cartésiennes et les coordonnées lorentziennes.

Dans le tétraèdre $(\xi, \eta, \zeta, \theta)$, prenons le sommet d'intersection des trois premières faces. Soient $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $1$ les coordonnées cartésiennes homogènes de ce point et $\theta_0$ la valeur correspondante de $\theta$. On a, d'après l'équation (2),

$$f(\alpha, \beta, \gamma, 1) = -\theta_0^2. \tag{6}$$

Le calcul de la forme polaire donne ensuite

$$\frac{1}{2}(\alpha f'_x+\beta f'_y+\gamma f'_z+f'_t) = -\theta_0\theta. \tag{7}$$

Nous tirons de ces relations

$$\left\{\begin{aligned} \theta &= \sqrt{-f(\alpha, \beta, \gamma, 1)}, \\ \theta_0 &= -\frac{\frac{1}{2}(\alpha f'_x+\beta f'_y+\gamma f'_z+f'_t)}{\sqrt{-f(\alpha, \beta, \gamma, 1)}}. \end{aligned}\right. \tag{8}$$

Et ensuite

$$\xi^2+\eta^2+\zeta^2 = f(x, y, z, t) - \frac{\frac{1}{4}(\alpha f'_x+\beta f'_y+\gamma f'_z+f'_t)^2}{f(\alpha, \beta, \gamma, 1)}. \tag{9}$$

Transportons l'origine des coordonnées cartésiennes au sommet considéré. Les formules homogènes de changement d'origine sont

$$x' = x-\alpha t, \qquad y' = y-\beta t, \qquad z' = z-\gamma t, \qquad t' = t. \tag{10}$$

Par cette transformation le second membre de l'équation (9) se transforme en une forme quadratique définie positive $g(x', y', z')$ indépendante

de $t'$ et l'on a

$$\xi^2+\eta^2+\zeta^2\equiv g(x', y', z'). \tag{11}$$

Les différentes solutions possibles pour les coordonnées $\xi$, $\eta$, $\zeta$ s'obtiennent par la décomposition en carrés de la forme $g$. Les transformations de coordonnées de chaque catégorie entre elles s'effectuent par le groupe afférent à chacune de ces catégories. Mais si l'on veut interpréter, en coordonnées cartésiennes, des résultats obtenus en coordonnées lorentziennes, il faut utiliser les transformations (8), (9) et (11).

THÉORIE DES MÉCANISMES. — *Sur les engrenages hélicoïdaux.* Note de M. **Pierre Langlade**, présentée par M. d'Ocagne.

Au cours d'une étude approfondie des engrenages hélicoïdaux j'ai fait les remarques suivantes que je crois nouvelles, ne les rencontrant dans aucune des publications traitant de ces engrenages; leurs démonstrations seront données dans un Mémoire qui paraîtra ultérieurement.

1. *Deux hélicoïdes absolument quelconques, mis en contact de façon que leurs axes soient parallèles, sont rigoureusement conjugués pour des rotations autour de leurs axes respectifs, de vitesses angulaires inversement proportionnelles à leurs pas.*

Leur point de contact M, généralement extérieur au plan P des axes $X_1$, $X_2$, décrit une parallèle à ceux-ci.

Lorsque M appartient à P, le plan tangent commun en M aux hélicoïdes est perpendiculaire à P, d'où impossibilité d'entraînement d'un hélicoïde par l'autre, sinon par adhérence, sauf lorsque M est sur la génératrice $\xi$ de contact des primitifs ($H_1$, $H_2$ sont alors surfaces conjuguées d'un engrenage de White à glissement nul).

2. Étendant à tout hélicoïde une propriété connue (et utilisée en descriptive) de l'hélicoïde réglé, on peut énoncer :

*Les normales à un hélicoïde quelconque, en les points du contour apparent relatif à une projection cylindrique, coupent une parallèle $\xi$ à son axe* X *telle que le plan* (X, $\xi$) *soit perpendiculaire à ceux projetant* X *ou* $\xi$.

Ces normales forment donc un conoïde de directrice $\xi$. $\xi$ se confond avec X lorsque la direction G des projetantes est parallèle à X; $\xi$ est rejeté à l'infini lorsque G est orthogonale à X.

Réciproquement, le lieu des pieds des normales à un hélicoïde quelconque

qui rencontrent une parallèle $\xi$ à son axe X en est le contour apparent dans une certaine projection cylindrique pour laquelle le plan projetant X est perpendiculaire à $(X, \xi)$.

3. *Deux espaces* $E_1$, $E_2$, *étant animés de rotations parallèles et proportionnelles autour des axes* $X_1$, $X_2$ *l'enveloppe, dans l'espace* $E_2$, *d'un hélicoïde* $H_1$ *quelconque de l'espace* $E_1$, *admettant* $X_1$ *pour axe, est un second hélicoïde* $H_2$ *d'axe* $X_2$ [1].

La caractéristique (comme l'on sait, lieu des pieds des normales à $H_1$, menés des points de $\xi$, axe instantané de rotation du mouvement $E_2/E_1$) est le contour apparent commun de $H_1$ et $H_2$ relatif à une projection cylindrique telle que le plan projetant un axe soit perpendiculaire au plan $(X_1 X_2)$.

4. *Lorsque les axes de rotation* $X_1$, $X_2$ *des espaces* $E_1$, $E_2$ *ne sont pas parallèles, que le rapport des vitesses angulaires* $\omega_1$, $\omega_2$ *soit constant ou non, un hélicoïde* $H_1$, *lié à* $E_1$, *d'axe* $X_1$, *arbitraire, reste ponctuellement tangent (sauf un cas d'exception connu : contact linéaire d'hélicoïdes développables convenables, pour* $\omega_2/\omega_1$ *constant) à une infinité d'hélicoïdes d'axe* $X_2$ *de l'espace* $E_2$; *un pas donné définit l'un de ces hélicoïdes.*

5. Si alors le rapport $\omega_1/\omega_2$ est constant :

*a. A tout conjugué* $H_2$ *de* H, *correspond un cylindre* (S) *invariable, de génératrices parallèles au plan* $\Pi$ *des directions des axes, se déplaçant en translation parallèle à* $\Pi$, *auquel les deux hélicoïdes restent tangents;* $p_1$, $\theta_1$ *étant respectivement le pas de l'hélicoïde* $H_1$ *et l'angle formé avec* $X_1$ *par les génératrices de* (S), $p_2$, $\theta_2$ *les quantités analogues relatives à* $H_2$, *on a*

$$\omega_1 p_1 \sin\theta_1 = \omega_2 p_2 \sin\theta_2 \quad [2].$$

*b. La normale commune* N, *en leur point de contact aux hélicoïdes, décrit, en général, un paraboloïde hyperbolique équilatère dont la perpendiculaire commune aux axes,* $\Delta$, *est la génératrice principale du système de* N; *s'il y a contact, à un instant, de* $H_1$ *et* $H_2$ *sur* $\Delta$, *leur plan tangent commun est parallèle aux axes de rotation, et seule l'adhérence pourrait, à cet instant, provoquer l'entraînement d'un hélicoïde par l'autre.*

*c. Il existe un conjugué de* $H_1$ *(celui d'ailleurs choisi dans les engrenages industriels) tel que le paraboloïde décrit par* N *se réduit à deux plans perpen-*

---

[1] Cette proposition peut être regardée comme une réciproque de celle qui se rencontre à la page 115 de la *Théorie et technologie des engrenages*, de M. Jean Pérignon.

[2] Réciproque d'une autre proposition énoncée par M. Pérignon (*loc. cit.*, p. 225).

*diculaires : l'un* Q *parallèle aux axes, l'autre* R *contenant* $\Delta$. N *tourne alors dans le plan* R *autour de la trace* I *de* $\Delta$ *sur* Q, *la ligne d'engrènement devient plane (ligne de* R) *et, lors du contact en* I *sur* $\Delta$ *des hélicoïdes, leur plan tangent est quelconque.*

Il est connu que N est fixe, coupant ou non $\Delta$, lorsque le cylindre C est un plan.

*d. Une projection de* N *sur un plan quelconque faite dans une direction parallèle au plan* $\Pi$ *tourne autour d'un point fixe :* c'est la trace sur le plan de projection de la génératrice du paraboloïde décrit par N.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur certains mouvements fluides.* Note de M. **J. Grialou**, présentée par M. Henri Villat.

Les équations du mouvement d'un liquide pesant non visqueux s'écrivent, comme on sait,

$$\vec{g} + \frac{1}{\rho}\overrightarrow{\text{grad}}\,p + \overrightarrow{\text{grad}}\,\frac{1}{2}V^2 = 2\vec{V} \wedge \vec{\omega},$$

avec les notations habituelles, $\vec{g}$ étant l'accélération de la pesanteur et $\vec{\omega}$ le tourbillon au point où la vitesse est $\vec{V}$.

Supposons le mouvement permanent et envisageons les seuls mouvements pour lesquels $\vec{V}$ et $\vec{\omega}$ sont rectangulaires partout. Nous concluons aisément, de cette hypothèse,

$$\omega^2\vec{V} = \frac{1}{2}\vec{\omega} \wedge \overrightarrow{\text{grad}}\,H,$$

en désignant par H la fonction de Hamilton $p/\rho + gz + 1/2\,V^2$.

Supposons en outre que $\omega$ soit constant sur les surfaces H = const., on peut alors démontrer que les deux relations

$$\vec{V} \times \overrightarrow{\text{grad}}\,H = 0,$$
$$\Delta\vec{V} \times \overrightarrow{\text{grad}}\,H = 0$$

(où $\Delta$ désigne le laplacien) ont lieu simultanément.

Il existe donc des mouvements particuliers pour lesquels on aura

$$\vec{V} = G\,\Delta\vec{V},$$

G désignant un scalaire déterminé.

On peut démontrer que pour de tels mouvements on a

$$2(\vec{\omega} - G\,\Delta\vec{\omega}) = \overrightarrow{\text{grad}}\,G \wedge \Delta\vec{V}$$

et

$$G = \frac{\vec{\omega} \times \Delta\vec{V}}{\Delta\vec{\omega} \times \Delta\vec{V}}.$$

La fonction G reste constante le long de chaque ligne de courant.

Ces équations amènent à considérer des exemples particuliers intéressants, notamment si l'on se réduit au cas des mouvements plans (pour lesquels la condition $\vec{\omega} \times \vec{V} = 0$ est réalisée d'elle-même). Signalons par exemple les mouvements plans pour lesquels on aurait $\zeta = A\,e^{-px-qy}$ ($A$, $p$, $q$ = const.), qui donnent lieu à des développements élégants.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'effet des tourbillons transportés par le vent.* Note de M. A. LAFAY, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai fait connaître [1] que la soufflerie du type Eiffel, dont je me sers, donne deux espèces de vent qui, pour une même vitesse moyenne, produisent des effets notablement différents. En utilisant de l'air *neuf*, directement puisé dans l'atmosphère, on peut en effet réaliser avec divers profils d'aile des régimes aérodynamiques instables qu'il est impossible d'obtenir avec de l'air en *circuit*.

Dans ces deux cas, les polaires se composent toujours de deux arcs réguliers correspondant respectivement aux petites et aux grandes incidences et l'on passe d'un arc à l'autre au moment où l'incidence, partant de zéro, atteint une valeur critique I pour laquelle les filets d'air se *décollent* de la face dorsale de l'aile. Quand on revient ensuite vers zéro, l'effet inverse se produit, pour la même incidence I, avec de l'air en circuit, tandis que le décollement se maintient avec de l'air neuf et ne cesse brusquement que pour une incidence I' inférieure à I.

Dans l'intervalle de I à I' le régime est instable et la structure particulière du vent, obtenu avec de l'air en circuit, qui détermine le recollement et ne permet pas au régime instable de s'établir, ne se distingue pas,

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1962.

de celle que donne l'air neuf, par des modifications sensibles de la rapidité ou de l'amplitude des variations de la vitesse autour de sa valeur moyenne. Je m'en suis assuré, dès mes premiers essais, par une exploration acoustique à laquelle j'ai ensuite substitué une méthode photographique qui ne laisse pas de prise à l'interprétation personnelle de l'observateur.

On provoque immédiatement le passage du régime instable au régime normal en introduisant dans le vent quelques tourbillons que l'on obtient en faisant passer devant l'orifice de la buse, à $40^{cm}$ de l'aile, une ficelle de $3^{mm}$ de diamètre, ou, en promenant contre l'entrée du collecteur, à $3^{m}$ de distance, un bâton d'assez fort diamètre. Une ficelle de $0^{mm},7$, employée comme la précédente, reste au contraire sans effet et l'exploration de son sillage montre que les tourbillons auxquels elle donne naissance sont pratiquement fondus ou dissipés dans la masse du vent avant d'avoir parcouru $40^{cm}$.

Ces expériences confirment l'hypothèse faite, dans ma Note précitée, sur la différence de structure du vent suivant qu'on l'obtient avec de l'air en circuit, qui transporte des tourbillons, ou de l'air neuf, qui en est à peu près exempt.

Les filtres, couramment employés pour canaliser le vent et éviter le mouvement hélicoïdal d'ensemble que tend à lui communiquer le ventilateur, ont des cloisons qui, bien que minces, produisent des tourbillons qui se propagent à une assez grande distance et il convient de les placer aussi loin que possible des modèles à essayer lorsqu'on veut éviter leur effet.

Il suffit de disposer un filtre contre la buse de ma soufflerie pour rendre tout régime instable impossible et pour obtenir, avec de l'air neuf, des résultats identiques à ceux que donne l'emploi du circuit fermé.

J'ai également observé des effets curieux et suggestifs avec un mât standard, dont le profil symétrique, fuselé à 40 pour 100, se termine en pointe vers l'arrière.

Sous l'incidence zéro, l'air neuf donne lieu à une instabilité permanente; les filets se collent accidentellement contre l'une ou l'autre face et par moment contre les deux. Les tourbillons, transportés par l'air en circuit, maintiennent au contraire cette double adhérence et stabilisent la poussée.

En faisant croître l'incidence, la dissymétrie suffit, à partir de $i = 4°$, pour faire coller les filets du côté de la face ventrale seulement et l'on obtient, avec les deux espèces de vent, une portance négative.

Mais, si l'on augmente encore la richesse en tourbillons, en plaçant un

filtre contre la buse, les filets collent contre les deux faces et la portance devient positive.

C'est certainement à une différence dans le caractère tourbillonnant des vents employés qu'il faut attribuer le désaccord surprenant des résultats obtenus autrefois par deux expérimentateurs d'élite, Eiffel et Rateau, dans leurs essais, en apparence identiques, sur une plaque plane rectangulaire.

De telles discordances montrent que la considération du nombre de Reynolds est certainement insuffisante pour permettre, à elle seule, d'établir une correspondance entre des essais effectués avec une même soufflerie et *a fortiori* avec deux souffleries différentes. Il serait nécessaire, pour cela, de pouvoir évaluer la richesse en tourbillons des vents qu'elles produisent car c'est vraisemblablement à l'*existence effective* de ces tourbillons et non aux oscillations désordonnées de la vitesse que sont dus les phénomènes que l'on considère comme une manifestation de cette qualité encore mal définie à laquelle on a donné le nom de *turbulence*.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'instabilité du diagramme d'indicateur et la composition du mélange combustible.* Note [1] de M. TCHANG TE-LOU, présentée par M. Jouguet.

Les diagrammes d'indicateur jouent un rôle capital dans l'étude des phénomènes thermodynamiques qui se développent dans le cylindre. Un fonctionnement du moteur qui est jugé stable et régulier par l'observation du frein dynamo-dynamométrique et du tachymètre ne correspond pas toujours à un diagramme stable, c'est-à-dire à une allure stable d'un cycle à l'autre, du phénomène thermodynamique. Nous avons déjà signalé [2] un cas de fonctionnement anormal, en apparence stable au frein, dans lequel deux régimes nettement différents se succèdent alternativement dans le moteur. Nous allons essayer d'apporter dans la présente Note quelques précisions sur un autre cas où un seul régime, le régime normal, subsiste.

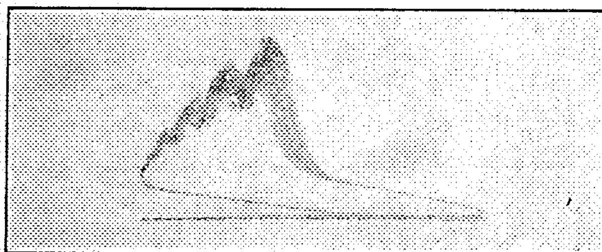
On sait qu'en superposant, sur le même papier, un nombre considérable de diagrammes en P.V. d'un moteur dont le réglage est maintenu constant et est le réglage optimum, seule la pointe de pression à l'explosion est un peu instable. C'est en utilisant cette observation que l'on parfait le

---

(1) Séance du 23 mai 1934.
(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 478.

réglage du moteur. Mais si l'on relève les mêmes diagrammes avec abscisses décalées de 90°, dans lesquels la phase de combustion est plus étalée, on voit immédiatement que les tracés balaient tout une zone telle que le montre la figure ci-dessous.

On peut définir le degré d'instabilité d'un cycle à l'autre par l'étendue de cette zone caractérisée par la largeur en son milieu de la surface occupée par les tracés de la courbe de croissance de la pression, largeur qu'on peut exprimer facilement par la durée du phénomène *t*. En désignant par T la durée d'un cycle, l'instabilité de la combustion peut donc être caracté-



risée numériquement par le rapport $I = t/T$ que nous appellerons degré d'irrégularité cyclique de la combustion.

Ce rapport dépend essentiellement des caractères constructifs du moteur : mais pour un moteur donné, dans lequel l'avance réelle de l'étincelle est rendue invariable pendant chaque mesure grâce à des précautions spéciales, I est particulièrement influencé par la richesse du mélange quand tous les autres facteurs ont été réglés au mieux.

Nous résumons dans le tableau ci-après les résultats d'un essai fait dans le but de déceler une relation entre I et la richesse du mélange sur un moteur monocylindrique de $0^l,700$ de cylindrée et de 4,02 de taux de compression. Le régime était maintenu à 1250 t/min. et l'instant du passage de l'étincelle réglé au moins à 1 demi-degré près (précision limite qu'il nous est possible d'atteindre). Les conditions extérieures étaient par ailleurs : pression atmosphérique $752^{mm}$ de mercure, température ambiante 20°,5. Nous signalons que dans le cas de ce moteur la puissance maxima reste sensiblement invariable pour une variation assez grande de l'avance à l'allumage autour de sa valeur optima.

Le relevé des diagrammes était poursuivi pendant 5 secondes correspondant à plus de 50 tracés (appareil utilisé, un indicateur Maihak à ressort-tige).

| Richesse du mélange exprimée par débit de l'essence en cm³/sec. | Avance optima de l'allumage en degrés. | Puissance développée en CV. | Consommation spécifique en g/ch-h. | Valeur de I. | Analyse des gaz brûlés en pour 100. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $CO^2$. | $O^2$. | CO. |
| 0,535 | 43 | 4,13 | 334 | 0,042 | 11 | 5,2 | 0 |
| 0,589 | 35 | 5,04 | 305 | 0,022 | 13,5 | 1,8 | 0,2 |
| 0,703 | 26 | 5,42 | 338 | 0,018 | 13 | 0,4 | 2,6 |
| 0,814 | 26 | 5,42 | 393 | 0,014 | 11,7 | 0,1 | 6,3 |
| 0,891 | 26 | 5,39 | 467 | 0,018 | 8,1 | 0,2 | 10,3 |

On vérifie d'abord un fait connu : le mélange donnant la puissance maxima est plus riche que le mélange correspondant à la consommation spécifique minima.

Le mélange qui donne le plus faible degré d'irrégularité cyclique de la combustion est encore un peu plus riche que celui qui donne la puissance maxima.

On peut toutefois se demander s'il n'y a pas là une apparence tenant à l'indicateur employé. Aussi nous avons tenu à refaire des essais analogues à l'aide d'un manographe à faible inertie (type Serruys). Les résultats sont les mêmes.

Ainsi *la largeur d'étalement de la première partie du diagramme apparaît bien comme un élément bien défini qu'on peut utiliser pour repérer d'autres phénomènes.*

Accessoirement ces essais nous montrent que si l'on désire des diagrammes spécialement corrects d'aspect, il convient de marcher avec un mélange riche.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre et l'orbite de l'étoile double ζ Aurigæ.* Note (¹) de M. R. **Tremblot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'étoile ζ Aurigæ (magnitude visuelle 3,94), visible comme simple dans les instruments les plus puissants, présente les caractères spectroscopiques des deux types $K_5$ et $B_1$. Les mesures de vitesse radiale effectuées à Mount Hamilton, Bonn et Victoria, au moyen des raies spectrales appartenant à la composante $K_5$, montrent qu'il s'agit bien d'un système double en mouve-

(¹) Séance du 28 mai 1934.

ment rapide; les éléments suivants, calculés par Harper [1], donnent une représentation correcte des observations :

$$P = 973 \text{ jours}, \quad e = 0,411, \quad \omega = 330^\circ,13, \quad \gamma = +10,73 \text{ km/sec},$$
$$K = 23,78 \text{ km/sec}, \quad T = \text{JD. } 2415122,471, \quad a \sin i = 294300000^{\text{km}};$$
$$\frac{m_1^3 \sin^3 i}{(m_1 + m_2)^2} = 1,028 \odot \quad \text{(avec les notations habituelles).}$$

Une remarque d'Harper sur les variations d'aspect du spectre a incité Bottlinger, J. Hopmann [2] et Guthnick [3] à effectuer des observations photométriques qui, en décembre et janvier 1931-1932, ont mis en évidence une éclipse de l'étoile $B_1$.

Nous nous sommes proposé de compléter la détermination des éléments de l'orbite et des dimensions réelles des deux astres au moyen de mesures effectuées sur les raies spectrales de cette composante $B_1$. Un spectrographe à quatre prismes de 63° d'angle, en flint uviol, et chambre photographique de $20^{\text{cm}}$ de distance focale, a été établi dans ce but à l'Observatoire de Strasbourg ; la région de bonne définition s'étend de 3700 à 4500 Å, la dispersion étant de 30 Å par millimètre vers 3800 Å. Avec cet instrument, monté sur le télescope de $0^{\text{m}},81$ de la station de Haute Provence de l'Observatoire de Paris, nous avons obtenu six spectrogrammes en février et mars 1934, époque du minimum de vitesse radiale de l'étoile $K_5$. Les plaques « Fulgur » de Guilleminot, utilisées exclusivement en raison de leur sensibilité exceptionnelle, ont permis de réduire le temps de pose à 1 heure environ.

Sur ces clichés, les caractères du type $B_1$ (ou probablement d'un type un plus avancé) sont très apparents entre 3700 et 3900 Å ; mais les plus fortes radiations du fer, appartenant à l'autre composante, sont déjà perceptibles dans toute cette région ; leur position correspond bien à la vitese radiale calculée d'après l'orbite de Harper. La série de Balmer de l'hydrogène est représentée par huit raies ultraviolettes de $H\varepsilon$ à $H\mu$, assez larges et bien contrastées. Les principales raies de l'hélium et de l'oxygène sont plus fines, mais assez faibles ; à part $H\varepsilon$, toutes les radiations de longueur d'onde supérieure à 3900 Å appartiennent à l'étoile $K_5$.

La présence de raies métalliques étrangères à la composante $B_1$ pouvant introduire des erreurs dans la mesure de la vitesse radiale, nous n'avons

---

(1) *Publ. Dominion Astrop. Obs. Victoria*, 3, 1924, p. 151.

(2) *Ber. Sächs. Akad. Wiss.*, 85, 19 juin 1933, p. 117.

(3) P. Guthnick et H. Schneller, *Sitz. Preuss. Akad. Wiss.*, 10, 1932, p. 3.

utilisé à cet effet que les radiations suivantes, paraissant les mieux isolées.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3705,003 He | 3806,56 Si | 3867,46 He | 3889,064 $H_\zeta$ |
| 3727,33 O | 3819,606 He | 3882,197 O | 3970,073 $H_\varepsilon$ |

L'examen d'un spectre d'Arcturus (type Ko), obtenu dans les mêmes conditions, montre en effet la présence de groupements particulièrement intenses à l'emplacement des autres termes de la série de Balmer. Les déplacements mesurés sur les raies choisies ne présentent aucun écart systématique. Les vitesses radiales conclues, comparées à celles déduites des éléments de Harper pour la composante $K_5$, sont réunies dans le tableau suivant :

| Date. | Vitesse radiale $K_5$. | Vitesse radiale $B_1$. | $\frac{m_{K_5}}{m_{B_1}}$. |
|---|---|---|---|
| 1934. Février 14 | −4,56 km/sec | +39,5 km/sec | 1,88 |
| » 15 | −4,56 » | +42,1 » | 2,05 |
| » 20 | −4,56 » | +36,6 » | 1,69 |
| Mars 6 | −4,27 » | +39,6 » | 1,92 |
| » 8 | −4,23 » | +38,0 » | 1,82 |
| » 16 | −4,11 » | +39,5 » | 1,94 |
| | | Moyenne : | 1,88 |

La dernière colonne indique la valeur correspondante du rapport des masses, la vitesse radiale $\gamma$ du centre étant égale à +10,73 km/sec. Le demi-grand axe de l'orbite relative et les masses s'en déduisent immédiatement :

$$a + a' = 847\,600\,000 \text{ km}, \qquad m_{K_5} \sin^3 i = 16,0 \odot, \qquad m_{B_1} \sin^3 i = 8,5 \odot.$$

La durée de l'éclipse totale atteignant 40 jours, le rayon de l'étoile $K_5$ n'est pas inférieur à 145000000$^{\text{km}}$, soit 208 fois celui du Soleil; ζ Aurigæ doit donc figurer parmi les étoiles les plus volumineuses actuellement connues.

Les observations photométriques semblent montrer que la décroissance d'éclat s'effectue en moins de 24 heures. Comme le rapport des rayons des deux astres peut être calculé approximativement, en fonction des différences de température et de magnitude, il est possible de fixer une limite supérieure de la latitude $\lambda$ de disparition de l'étoile $B_1$ derrière l'étoile $K_5$, c'est-à-dire une limite inférieure de l'inclinaison $i$. En adoptant pour température 3400 et 21000°, et pour magnitudes visuelles 4,10 et 6,10, le calcul, effectué au moyen des tables de M. Brill, donne

$$\frac{R}{r} = 78 \quad \text{d'où} \quad \lambda < 45^\circ \quad i > 76^\circ \quad (\text{et } \sin 3i > 0{,}91).$$

La masse de la petite étoile est ainsi du même ordre de grandeur que celles des variations à éclipses de types $B_2$ et $B_3$ étudiées jusqu'ici. Aucun autre système spectroscopique de type K ou M, appartenant à la branche des étoiles géantes, n'a encore permis la détermination des masses des composantes.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les équations générales de la mécanique et l'électromagnétisme.* Note [1] de M. **J. Loiseau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons montré que pour construire une mécanique rationnelle satisfaisante : l'espace $\mathcal{E}'$ servant à la représentation doit être à quatre dimensions, et à connexion euclidienne si l'on veut pouvoir utiliser le matériel numérique résultant de nos expériences.

Dans les régions où règne un champ électromagnétique [2], les équations de la Dynamique sont

$$\delta F = \rho\, d\tau \left[ \vec{\Gamma} + \frac{\rho_1}{\rho} \vec{E} + [WB] \right], \tag{1}$$

$\delta F$ étant la force appliquée à l'élément de volume $d\tau$ de densité $\rho$, $\vec{\Gamma}$ l'accélération de $d\tau$, $\rho_1$ la densité cubique de l'électricité, W la vitesse de l'élément et B l'induction magnétique. Nous allons montrer que les équations générales de la Mécanique ont précisément cette forme sur l'espace $\mathcal{E}'$, ce qui supprimera les difficultés bien connues en mécanique rationnelle au sujet du champ électromagnétique et donnera une explication simple de l'origine de ce champ.

*Forces appliquées à la surface d'un élément de volume et forces massiques.* — Si l'on admet d'une part qu'*aucune force ne peut se transmettre à distance sans intermédiare* et d'autre part que *le principe de l'égalité de l'action et de la réaction est satisfaite*, les seules forces massiques que l'on puisse imaginer sont les forces d'inertie; les forces dues aux éléments extérieurs à un élément de volume $d\tau$ sont des forces T agissant à la surface de l'élément.

Les équations de la dynamique sont donc à l'instant $t$ sur $\mathcal{E}_t$ [3]

$$\int\int_S \vec{T}\, d\sigma - \int\int\int_V \rho \vec{\Gamma}\, d\tau = 0. \tag{2}$$

---

(1) Séance du 23 mai 1934.

(2) C'est le cas général, l'espace de la mécanique rationnelle classique ne peut en aucun cas correspondre parfaitement à la pratique.

(3) Voir *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1381.

*Expression développée de la force massique.* — Pour que l'expression des forces massiques soit utilisable, il faut calculer ses projections sur le repère $R'_M$ au point M défini sur $\mathcal{E}'$ par les vecteurs $I_i (i = 1, 2, 3, 4)$ rectangulaires entre eux. La vitesse W a pour expression $W = \Sigma \varphi^i I_i$.

$\varphi^i$ étant la projection de W sur $I_i$, on tire de là

$$\vec{\Gamma}\, d\tau = \sum_i \left( \sum_j \varphi^i_j \omega^j + \Sigma_k \varphi^k \omega^i_k \right) I_i, \qquad dM = \sum_i \omega^i I_i, \qquad dI_i = \sum_j \omega^j_i I_j \qquad (\omega^j_i + \omega^i_j = 0)$$

ou bien

$$(3) \qquad F_1\, d\tau = -\rho\, d\tau \left[ \left( \frac{W^2}{2} \right)_{,i} + \varpi'_3 \frac{\omega^3}{dt} + \varpi'_4 \frac{\omega^4}{dt} - F^2_1 \frac{\omega^2}{dt} \right],$$

en posant $\varpi^j_i / dt = \omega^j_i / dt + \varphi^j_i - \varphi^i_j$, et de même pour $F_2$, $F_3$, $F_4$.

Nous reconnaissons immédiatement la forme (1). $K_1$ étant la force électrodynamique, on a

$$K\, d\tau = d\tau [E\rho + [Bj]];$$

par conséquent, en posant

$$j_i = \rho_1 \frac{\omega_i}{dt}, \qquad \frac{E_k}{\varphi_4} = \omega^4_k \frac{\rho}{\rho_1}, \qquad \frac{B_k}{\varphi_k} = \varpi^m_e \frac{\rho}{\rho_1}$$

l'équation générale de la mécanique est

$$F_i\, d\tau = -\rho\, d\tau \left( \frac{W^2}{2} \right)_{,i} + K_i\, d\tau.$$

La composante $K_4$ a pour expression $K_4 = -\Sigma E_k / \varphi_4 j_k$.

Le terme $-\rho\, d\tau (W^2/2)_{,i}$ $(i = 1, 2, 3)$ correspond aux résultats de la mécanique classique, le terme K au champ électromagnétique.

En physique on admet que la charge électrique est invariante, on a donc

$$\frac{\rho\, d\tau}{\rho_1\, d\tau} = \frac{\rho}{\rho_1} = \lambda = \text{const.}$$

On obtient en appliquant les équations de Bianchi sur $\mathcal{E}'$ le premier groupe des équations de Maxwell sous la forme

$$(4) \quad \begin{cases} \left[ \left( \frac{E_3}{\varphi_4} \right)_{12} - \left( \frac{E_2}{\varphi_4} \right)_{13} - B_{1.4} \right] \frac{\rho}{\rho_1} = \Lambda_1, & \left[ \left( \frac{E_1}{\varphi_4} \right)_{13} - \left( \frac{E_3}{\varphi_4} \right)_{11} + B_{2.4} \right] \frac{\rho}{\rho_1} = \Lambda_2, \\ \left[ \left( \frac{E_2}{\varphi_4} \right)_{11} - \left( \frac{E_1}{\varphi_4} \right)_{12} + B_{3.4} \right] \frac{\rho}{\rho_1} = \Lambda_3, & (B_{2.1} + B_{2.2} + B_{3.3}) \frac{\rho}{\rho_1} = \Lambda_4. \end{cases}$$

Les coefficients $\Lambda_i$ dépendent de la connexion établie *a priori* sur $\mathcal{E}'$. Ils sont nuls si l'espace $\mathcal{E}'$ est à parallélisme absolu. L'équation complémen-

taire s'écrit

$$(5) \qquad j_{1.1}+j_{2.2}+j_{3.3}+j_{4.4}+\Sigma j_i \Phi_i = 0,$$

en posant $\Phi_i = \sum_\alpha S_{\alpha\alpha i}$, $S_{ijk}$ étant le vecteur torsion sur $\mathcal{E}'$, c'est l'équation de continuité sur $\mathcal{E}'$. L'équation (5) n'est pas admise *a priori* comme dans la théorie habituelle, elle ne coïncide avec la forme classique que si l'on suppose $\Phi_i = 0$, $\Phi_i$ est le vecteur unitaire sur $\mathcal{E}'$.

Si l'on suppose $\Phi_i = 0$ et l'espace $\mathcal{E}'$ à parallélisme absolu $\Sigma j_{i,i} = 0$, le deuxième groupe des équations de Maxwell se trouve satisfait. En utilisant des formules connues, on a, pour la première :

$$(B_3 - B_3^0)_{/2} - (B_2 - B_2^0)_{/3} - \left(\frac{E_1 - E_1^0}{\varphi_4}\right)_{/4} = 4\pi\mu j.$$

Pour représenter le champ électromagnétique on est conduit à le supposer $\mathcal{E}'$ à parallélisme absolu et à vecteur unitaire nul. On peut en particulier supposer pour simplifier que $\mathcal{E}'$ est l'espace euclidien [1] à quatre dimensions. Si d'ailleurs on a établi une mécanique sur ce dernier espace une correspondance convenable permettra d'en établir une autre sur un autre espace $\mathcal{E}'$.

ONDES HERTZIENNES. — *Détection d'ondes hertziennes amorties par une pile sèche à électrolyte solide radioactif et air ionisé.* Note de M. **L. Bouchet**, présentée par M. A. Cotton.

Entre la découverte des radioconducteurs et l'apparition de la lampe à trois électrodes, il a paru un certain nombre de Mémoires sur la détection; la Thèse de M^lle^ Collet [2] renferme une bibliographie importante à ce sujet. La lecture de cette Thèse, mais surtout les expériences relatées plus loin m'ont incité à penser que les piles sèches, dont l'une a fait l'objet d'une Note [3], pouvaient être détectrices; dès lors, j'ai monté la pile suivante comprenant : 1° une électrode épaisse de charbon longue de $27^{cm}$, large de $8^{cm},5$ et creusée d'une cavité profonde de $0^{mm},5$ à $0^{mm},7$ remplie entièrement du résidu solide provenant d'une pechblend de Joachimstal

(1) Les résultats obtenus sont d'ailleurs indépendants de cette hypothèse.

(2) *Thèse* Strasbourg, mars 1921.

(3) L. Bouchet, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1598.

chauffée avec une solution d'acide sulfurique à 50 pour 100; dans ces conditions le charbon était étuvé; 2° une lame épaisse de zinc, de $23^{cm}$ de longueur sur $5^{cm},9$ de largeur, séparée de la matière active par trois cales de mica épaisses de $0^{mm},3$ à $0^{mm},4$.

*Expériences préliminaires.* — La pile ci-dessus, associée à deux Daniell, le tout en série, a donné brusquement un courant de $8 \times 10^{-8}$ ampère et en inversant les pôles du groupe Daniell un courant $230 \times 10^{-8}$ ampère; dans d'autres expériences similaires, le rapport des deux intensités était encore plus grand.

*Mise en évidence directe de l'effet de détection : 1° Dispositif émetteur d'ondes hertziennes amorties.* — Il comprenait une bobine moyenne d'induction (le trembleur immobilisé) alimentée par une batterie d'accumulateurs et un interrupteur (coup de poing) intercalé dans le circuit. Les deux bornes du secondaire furent reliées respectivement d'une part aux deux branches d'un excitateur à boules de $1^{cm}$ de diamètre et distantes de $1^{mm},5$ environ, et, d'autre part, à une antenne isolée (cadre métallique de $30^{cm}$ de côtés, traversé par des tiges) et à une conduite de gaz.

2° *Circuit récepteur d'ondes.* — La lame de zinc, avant son installation, était chauffée entre 150° et 200° et, après refroidissement, fortement frottée avec une toile d'émeri fine; on équilibrait la pile, intercalée dans un circuit potentiométrique, à quelques centièmes de volt près, on reliait ensuite le charbon à une antenne identique à la précédente et le zinc à la conduite de gaz.

3° Les deux antennes étant distantes de $6^{m}$ environ, en actionnant le coup de poing j'ai obtenu une forte élongation; toutefois le spot ne revenait à sa position initiale qu'à 2 ou 3 pour 100 près, plusieurs expériences ont toujours fourni les mêmes résultats. L'interprétation de ces faits peut se faire en invoquant une émission d'électrons; il y a peut-être une certaine analogie entre ces résultats et ceux obtenus avec la galène.

MAGNÉTISME. — *Le point ferromagnétique de Curie pour des couches minces de nickel, déposées électrolytiquement.* Note de MM. **St. Procopiu** et **T. Farcas**, présentée par M. A. Cotton.

1. La température à laquelle disparaît le ferromagnétisme, le point ferromagnétique de Curie, est une constante pour une substance donnée. On connaît toutefois deux cas, où l'on a constaté une variation de ce point

de Curie : 1° le nickel soumis à la traction subit une diminution du point de Curie, d'environ 10° C. (¹) et 2° le nickel soumis à l'action d'un champ alternatif longitudinal et surtout à un champ circulaire (courant alternatif passant par le fil) subit une diminution du point de Curie d'environ 100° C. (²). Ce dernier cas, à cause du champ alternatif doit être interprété autrement, comme nous le montrerons ultérieurement.

D'après une formule connue de la théorie du ferromagnétisme de Heisenberg (³), le point de Curie dépend du nombre ($z$) d'atomes qui environnent l'atome magnétique, et d'une fonction ($J_0$) qui représente l'énergie de cohésion entre atomes voisins. Par suite, toute cause qui fait varier ces deux facteurs provoquera un déplacement du point de Curie. La traction est dans ce cas. Nous avons pensé que le dépôt d'une substance ferromagnétique en couche mince peut bien lui aussi produire un déplacement du point de Curie. On sait d'ailleurs que les couches minces de substances ferromagnétiques possèdent des champs coercitifs très grands, qu'on attribue aux fortes pressions qui existent à l'intérieur des couches minces.

2. Nous avons choisi le nickel, son point de Curie étant assez bas, 358° C. La méthode employée consistait à aimanter la couche mince de nickel et à étudier la diminution de son magnétisme rémanent ($I_R$) en fonction de la température ($t$° C.). La déviation d'un magnétomètre donne le magnétisme rémanent, et la déviation d'un galvanomètre en relation avec un couple thermoélectrique donne la température. Les couches de nickel étaient déposées par électrolyse sur des tubes de laiton de 16$^{cm}$ de longueur et de 8$^{mm}$ de diamètre. Dans le cas des couches trop minces, on a employé deux tubes concentriques, de 8 et 6$^{mm}$ de diamètre, pour avoir une plus grande masse de nickel. Les couches étaient obtenues avec un courant de 0,5 ampère par décimètre carré, et l'épaisseur était déterminée par pesée. Le tube de laiton avec la couche de nickel est introduit dans un four électrique, autour duquel il y a deux bobines : une bobine magnétisante à courant continu, et une bobine par laquelle on fait passer un courant alternatif. Cette dernière bobine a pour but d'augmenter l'aimantation des couches de nickel produite par le champ constant. Le four et les

(¹) Ray-Chaudhuri, *Zeits. S. f. Phys.*, 71, 1931, p. 473.
(²) Ashworth, *Phil. Mag.*, 27, 1914, p. 357.
(³) *Zeits. f. Phys.*, 49, 1928, p. 633.

bobines sont disposées sur le banc du magnétomètre. Les mesures sont faites après minuit.

3. *Résultats expérimentaux.* — Pour des couches de nickel déposées électrolytiquement, d'épaisseur 80, 200 et 400 millimicrons et 4,26 et 40 microns, on a mesuré la déviation du magnétomètre, qui représente l'intensité du magnétisme rémanent ($I_R$) et la déviation du galvanomètre qui donne la température $t^\circ$C. du four. En traçant les courbes ($I_R$, $t$) on a déterminé le point de disparition du magnétisme rémanent.

Voici les résultats pour deux couches, l'une mince de $80^{m\mu}$, l'autre plus épaisse de $26^{\mu}$ :

$\delta = 80^{m\mu}$.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t^\circ$C. | 51. | 112. | 186. | 234. | 270. | 314. | 334. | 353. | 372. |
| $I_R$ (mm) | 17 | 13 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 1 | 0 |

$\delta = 26^{\mu}$.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t^\circ$C. | 87. | 181. | 258. | 290. | 308. | 318. | 330. | 344. | 360. |
| $I_R$ (mm) | 87 | 63 | 38 | 23 | 13 | 8 | 3 | 1 | 0 |

On a trouvé ainsi, pour les couches de nickel de 80, 200 et 400 millimicrons, les points de Curie 372°, 372° et 366°C. et, pour les couches de 4, 26 et 40 microns, les températures 356°, 360° et 348°C. respectivement. On constate, par suite, que le point de Curie est plus élevé pour les couches minces, la différence étant en moyenne de 17°C.

Cette élévation du point de Curie pourrait être attribuée à la pression interne des couches minces, qui est considérée comme la cause de leur grand champ coercitif. Cette pression interne aurait pour rôle d'augmenter le nombre de particules qui environnent l'atome magnétique, ou bien d'augmenter l'énergie d'échange des atomes magnétiques qui se sont rapprochés : en ce sens on pourrait parler d'un accord avec la formule de Heisenberg.

POLARIMÉTRIE. — *Sur certains composés de la tartramide et de l'acide tartramique*. Note de M. **Yeu Ki Heng**, présentée par M. Ch. Fabry.

Avec la multiplicité de ses fonctions acides et alcools, l'acide tartrique donne souvent des composés très compliqués. Pour simplifier les études et en vue de spécifier la constitution de ces composés, nous avons préparé la tartramide qui ne contient que les deux fonctions alcools et l'acide

tartramique qui contient deux fonctions alcools et une seule fonction acide.

Par l'action de l'ammoniaque, le tartrate de méthyle se transforme facilement en tartramide. En solution dans l'eau, son pouvoir rotatoire spécifique varie peu avec la concentration; les anomalies qu'on trouve pour l'acide tartrique n'existent plus : $(\alpha)_D = 133^\circ,1$ pour $\theta = 0,5$ M; $133^\circ,3$ pour $\theta = 0,2$ M; $133^\circ,3$ pour $\theta = 0,1$ M. L'acide tartramique est préparé à partir de la tartramide suivant la méthode indiquée par Weerman [1].

Avec le molybdate d'ammonium, la tartramide ne donne aucune combinaison; l'acide tartramique donne un composé très actif ayant la composition $[MoO^3, 2C^4H^7O^5N](NH^4)^2$; $(\alpha)_D = 197$ pour $C = 1,58$. Pour former les composés de ce genre, il est donc indispensable qu'une fonction acide soit libre. Le cas est tout à fait analogue à celui des molybdomalates lévogyres obtenus par M. Darmois [2] et qui ont pour formule $[MoO^3, 2C^4H^6O^5](NH^4)^2$. De même, M. Darmois [3], en étudiant la saponisation du tartrate d'éthyle, a signalé l'existence d'un composé analogue.

Avec les borates alcalins, la tartramide donne des composés bien cristallisés. Nous avons préparé les corps $C^4H^8O^4N^2$, $BO^2NH^4$ [$(\alpha)_v = 81,4$ pour $c = 10$] et $C^4H^8O^4N^2$, $BO^2Na$ [$(\alpha)_v = 75^\circ,1$ pour $c = 1,065$]. L'acide tartramique semble donner un composé $2C^4H^7O^5N$, $BO^2Na$. Mais si l'on neutralise la fonction acide, on trouve que la combinaison se fait molécule à molécule. Il est à rappeler que pour les borotartrates nous trouvons toujours des combinaisons équimoléculaires, (sauf pour la combinaison des deux acides). Le borotartrate de potassium $BT^2K$ (où T désigne le radical $C^4H^4O^6$) isolé par M. Lowry [4], quoique très bien cristallisé, se décompose lorsqu'il est en solution dans l'eau. Il se dédouble en acide tartrique et en un autre composé BTK plus actif et de dispersion plus grande ($\rho = \alpha_j/\alpha_J = 2,0$; $\rho = 1,92$ pour $BT^2K$).

L'oxyde de cuivre fraîchement préparé se dissout facilement dans une solution de l'acide tartramique; une molécule de l'acide ne dissout qu'une molécule de l'oxyde. Cette dissolution est encore acide, la neutralisation par la soude augmente considérablement les rotations. On atteint un

---

(1) *Recueil de Travaux chimiques des Pays-Bas*, 37, 1918, p. 45.

(2) *Journal de Physique*, 6e série, 4, 1923, p. 49.

(3) *Bulletin de la Société chimique de France*, 43, 1928, p. 1214.

(4) *Journal of Chemical Society of London*, 131, 1929, p. 2853.

maximum pour la composition $[CuO, C^4H^7O^5N]Na^2$. Dans la solution du tartramide, l'oxyde de cuivre est insoluble. Mais si l'on mélange du $SO^4Cu$ à une solution de tartramide et si l'on ajoute de la soude, l'oxyde se forme et se redissout immédiatement. Une étude systématique montre que la combinaison est $[CuO, 2C^4H^8O^4N^2]Na^2$. Le pouvoir rotatoire est élevé $(\alpha)_v = 410$ et le dischroïsme assez fort. Pour une solution à $\theta = 0,02$ M, on trouve ($l = 18^{mm},2$, $\lambda$ = longueur d'onde en $m\mu$, $\delta$ = ellipticité mesurée, $\alpha$ = rotations) :

| $\lambda$... | 660. | 642. | 626. | 595. | 570. | 560. | 540. | 517. | 505. | 488. | 470. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$.. | 0,15 | 0,26 | 0,37 | 0,58 | 0,63 | 0,63 | – | −0,72 | 0,79 | 0,85 | 0,90 |
| $\delta$... | −0,58 | −0,58 | −0,58 | −0,48 | −0,33 | −0,28 | −0,29 | – | −0,19 | −0.10 | −0,05 |

Le dichroïsme s'étend au delà de $500^{m\mu}$; l'allure des courbes est nettement différente de celle des autres cuprotartrates. Ces mesures ont été faites par M. J.-P. Mathieu. Nous tenons ici à le remercier pour son obligeance.

L'hydroxyde d'aluminium est insoluble dans le tartramide même à l'ébullition. Toutes les hypothèses, dans lesquelles on prétend que le radical AlO se fixe sur une des fonctions alcools, sont donc à écarter. Au contraire, l'acide tartramique dissout très bien molécule à molécule $Al(OH)^3$ et l'on obtient un composé lévogyre même en solution assez diluée $\alpha_v = -1,75$ pour $\theta = 0,5$ M, $l = 2\,dm$, $\rho = 1,6$.

D'une façon générale, les composés formés en solution acide exigent la présence d'au moins une fonction acide; les composés formés en solution basique intéressent les fonctions alcools.

PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire paramagnétique de la sidérose*. Note de MM. **Jean Becquerel**, **W. J. de Haas** et **J. van den Handel**, présentée par M. A. Cotton.

Dans tous les cristaux uniaxes jusqu'à présent étudiés par nous, le pouvoir rotatoire paramagnétique, dans la direction de l'axe optique, croît à mesure que la température s'abaisse. Aux températures de l'hélium liquide, la rotation se compose de deux termes : le terme principal, fonction du champ H et de la température absolue T, tend vers une valeur de saturation à mesure que H croît ou que T diminue; l'autre terme est proportionnel à H et indépendant de T. Les deux formes de paramagnétisme, l'une fonction de T, l'autre indépendante de T, se manifestent simultanément.

La sidérose (spath de fer) donne des résultats tout autres. Deux échantillons, de provenances différentes, ont été étudiés.

1° *Sidérose de Lostwithiel.* — Aux températures de l'hélium liquide, le paramagnétisme indépendant de la température se manifeste seul. La rotation, de sens négatif, est très petite : elle est proportionnelle au champ. Aux températures de l'hydrogène liquide, le pouvoir rotatoire paramagnétique croît rapidement quand la température s'élève; il est au contraire décroissant aux températures de l'azote liquide, et jusqu'à la température ordinaire.

Les rotations paramagnétiques, par millimètre d'épaisseur, dans un champ de 27000 g., pour la lumière jaune du mercure, ont les valeurs suivantes :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T (°K.)...... | 1°,6 à 4°,2 | 14°,10 | 17°,60 | 20°,43 | 63°,50 | 70°,24 | 77°,40 | 290°,6 |
| Rot. param .. | −1°,95 | −8°,6 | −19°,6 | −32°,3 | −129°,5 | −125°,9 | −115°,6 | −28°,55 |

Les chiffres indiqués ici sont les rotations mesurées, corrigées de la rotation diamagnétique, estimée en admettant que la rotation diamagnétique moléculaire est la même que pour le spath d'Islande. Sans doute cette correction n'est pas exacte, mais l'erreur ne change pas l'allure générale de l'effet, et elle est certainement très petite vis-à-vis des grandes rotations obtenues aux températures qui ne sont pas extrêmement basses.

Un fait remarquable est que, *aux températures de l'hydrogène* (14 à 20°,4 K.) *on a tout l'opposé d'une approche à une valeur de saturation, car la rotation croît plus vite que le champ.* Aux température de l'azote, on ne constate plus aucun écart à la proportionnalité au champ.

2° *Sidérose d'Allevard.* — La variation thermique, tout en gardant la même allure que pour l'autre sidérose, est bien différente :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T (°K.)........ | 14°,14 | 15°,97 | 17°,99 | 20°,37 | 63°,72 | 77°,42 | 294°,2 |
| Rot. param..... | −41°,6 | −53°,7 | −66°,9 | −84°,0 | −97°,7 | −85°,1 | −19°,2 |

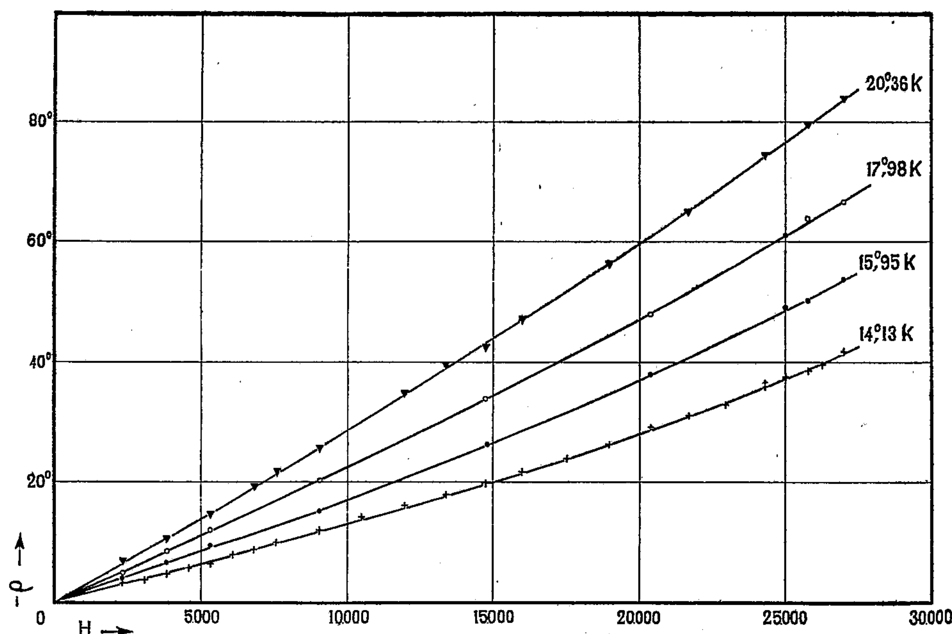
Cependant, pour les deux échantillons, la rotation est due au même ion ($Fe^{++}$), car la seule impureté paramagnétique est le manganèse, et le pouvoir rotatoire paramagnétique du spath de manganèse est excessivement petit.

La courbe représente la rotation en fonction du champ, dans la sidérose d'Allevard, pour quatre températures de l'hydrogène liquide. On voit que la courbure diminue à mesure que la température augmente.

La rotation très petite, indépendante de T, aux températures de l'hélium,

semble bien prouver que l'état fondamental de l'ion $Fe^{++}$ n'est pas dégénéré et n'est pas magnétique (en accord avec un théorème de Kramers, le nombre d'électrons étant pair); à des températures plus élevées le second niveau d'énergie, qui est doublement dégénéré et magnétique, intervient de plus en plus et donne lieu au grand accroissement du pouvoir rotatoire paramagnétique à mesure que la température s'élève.

Le fait que, aux températures de l'hydrogène liquide, la rotation à tem-




pérature constante croît plus vite que le champ n'est pas encore expliqué. Nous dirons seulement que M. Kramers émet, sous toutes réserves, l'hypothèse d'un champ moléculaire de Weiss assez intense.

Il est très surprenant que les deux échantillons donnent des variations thermiques aussi différentes. Il semble que les champs électriques internes soient très différents, mais aucune conclusion ne pourra être donnée tant que les deux cristaux n'auront pas été comparés au point de vue de leur structure; les auteurs adressent leurs remerciements à M. Maurice de Broglie qui veut bien faire entreprendre cette étude dans son laboratoire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de détonation des explosifs solides.* Note [1] de M. R. SCHWOB, transmise par M. G. Urbain.

La vitesse de détonation d'un explosif solide donné est une fonction complexe d'un assez grand nombre de variables, parmi lesquelles la densité de chargement (poids d'explosif chargé par unité de volume) joue un rôle prépondérant.

Nous avons cherché à expliciter ce rôle et à rendre compte en même temps, par une vue macroscopique simple du phénomène de la propagation de l'onde explosive, des caractères que présente la courbe des vitesses de détonation en fonction de la densité : allure d'une branche ascendante, existence dans certains cas d'un maximum, et peut-être d'une branche descendante, ce dernier point étant d'ailleurs contestable.

Les diverses formules qui ont été proposées pour calculer la vitesse de détonation à partir des caractéristiques mécaniques de l'explosif reproduisent imparfaitement l'allure du phénomène.

En particulier, la formule

$$V = \sqrt{2g(\gamma + 1)}\frac{\sqrt{f}}{1 - \alpha\Delta} \tag{1}$$

proposée par Taffanel et Dautriche [2], qui peut se mettre sous la forme

$$V = \frac{1}{m - n\Delta}, \tag{1'}$$

où $m$ et $n$ sont des coefficients indépendants de la densité de chargement, n'échappe point, ainsi que l'a montré Burlot [3], aux remarques formulées ci-dessus.

Nous pensons qu'on peut serrer de plus près les phénomènes en s'appuyant sur le raisonnement suivant :

Considérons une cartouche d'explosif solide en régime permanent de détonation : désignons par $t_1$ le temps nécessaire pour détruire une couche de cristaux d'épaisseur $d_1$ comptée le long de l'axe, et posons $V_1 = d_1/t_1$.

Soit de même $V_2 = d_2/t_2$ la vitesse de propagation entre deux couches successives de cristaux.

---

[1] Séance du 28 mai 1934.

[2] *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 1221.

[3] VENNIN, BURLOT, LECORCHE, *Les Poudres et Explosifs*, p. 155.

L'onde parcourt le trajet $(d_1 + d_2)$ avec une vitesse résultante :

$$V = \frac{d_1 + d_2}{t_1 + t_2} = \frac{(d_1 + d_2)v_1 v_2}{v_2 d_1 + v_1 d_2}.$$

Si la densité de chargement varie, $d_1$ et $v_1$ (ce dernier à un infiniment petit près) resteront évidemment constants. Admettons pour l'instant en première approximation que $v_2$ reste également constant.

La distance entre couches devient $d'_2 \neq d_2$ et la vitesse devient

$$V' = \frac{(d_1 + d'_2)v_1 v_2}{v_2 d_1 + v_1 d'_2}.$$

Supposons, pour préciser, que la densité qui était $\Delta$ devienne $K\Delta$. Le nombre de cristaux par centimètre le long de l'axe de propagation qui était

$$p = \frac{1}{d_1 + d_2} \quad \text{devient} \quad p\sqrt[3]{K} = \frac{1}{d_1 + d'_2}.$$

On en déduit :

$$(2) \qquad \frac{V'}{V} = \frac{d_1 + d'_2}{d_1 + d_2} \times \frac{v_2 d_1 + v_1 d_2}{v_2 d_1 + v_1 d'_2} = \frac{p(v_2 d_1 + v_1 d_2)}{v_1 - \sqrt[3]{K}\,p\,d_1(v_1 - v_2)}.$$

Ce qu'on peut encore écrire :

$$(2') \qquad V = \frac{1}{m - n\Delta^{\frac{1}{3}}},$$

$m$ et $n$ étant des constantes indépendantes de la densité de chargement.

Voici un tableau qui montre que cette formule compense d'une manière satisfaisante les résultats expérimentaux, pour un certain nombre d'explosifs nitrés :

| Explosif. | Valeurs trouvées pour les coefficients: $m$. | $n$. | Écart entre la courbe théorique et la courbe de compensation des résultats expérimentaux [1]. |
|---|---|---|---|
| Mélinite | 0,0006117 | 0,0004084 | $-1{,}8\%$ ou $+2{,}8\%$ au maximum pour $0{,}246 < \Delta < 1{,}543$ |
| Nitrohexanol | 0,0005638 | 0,0003744 | $-2{,}8\%$ ou $+2{,}5\%$ au maximum pour $0{,}225 < \Delta < 1{,}470$ |
| Tétryl | 0,0005276 | 0,0003439 | $-2{,}0\%$ ou $+2{,}5\%$ au maximum pour $0{,}244 < \Delta < 1{,}518$ |
| Tétranitropentaéryrhrite | 0,0005100 | 0,0003290 | $-0{,}9\%$ ou $+1{,}2\%$ au maximum pour $0{,}241 < \Delta < 1{,}617$ |

(1) Ces résultats ont été tirés d'un travail de W. FRIEDRICH, *Zeitschrift für das Gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen*, 28, 1933, p. 2 et suiv.

Ainsi la formule $V = 1/m - n\Delta^{1/3}$ représente correctement les variations de la vitesse de détonation des explosifs nitrés en fonction de leur densité de chargement, pour toutes densités comprises entre 0,25 et 1,5 environ, c'est-à-dire sur presque toute l'étendue du champ de variation de la densité.

Lorsque la densité dépasse 1,5 et croît jusqu'à sa valeur maxima (sensiblement 1,7 pour les 4 explosifs en question), les vitesses données par la formule (2') croissent un peu plus vite que ne l'indique l'expérience.

Suivant une suggestion de Burlot, cette divergence pourrait s'expliquer par une *augmentation de la vitesse* $v_2$ due à la présence d'air comprimé entre les cristaux aux fortes densités de chargement. Il est de même possible que cette augmentation de $V_2$ puisse rendre compte du maximum et de la branche descendante de la courbe des vitesses, constatés pour certains explosifs.

Notons en terminant que le raisonnement qui nous a permis d'arriver à la formule (2) :

1° ne préjuge en rien des phénomènes qui se produisent pendant la détonation au sein d'un cristal;

2° permet d'expliquer le fait expérimental que la grosseur des cristaux élémentaires n'influe pas, à densité de chargement constante, sur la vitesse de détonation.

## CHIMIE PHYSIQUE. — *Fluorescence de quelques corps purs.*

Note de MM. **E. Canals** et **P. Peyrot**, présentée par M. Delépine.

Nous avions indiqué [1] le moyen d'évaluer de faibles traces de fluorescence, par la mesure du facteur de dépolarisation. Nous avons appliqué la même méthode du déplacement de l'écran, à des corps purs.

Pour un liquide déterminé, l'intensité relative de la fluorescence à la diffusion moléculaire $2f/(I+i)$ est égale à $2(\rho'-\rho)/(1-\rho')(1+\rho)$, $\rho'$ représentant la valeur du facteur de dépolarisation mesuré avec l'écran sur le faisceau secondaire et $\rho$ ce même facteur avec l'écran sur le faisceau primaire. Le rapport $2f/(I+i)$ n'est évidemment constant pour un composé chimique que dans des conditioas opératoires déterminées. Il dépend de la nature et de l'intensité des radiations du faisceau primaire et du mode d'observation (œil ou plaque photographique). En effectuant les mesures

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 746.

dans les mêmes conditions on peut comparer les intensités de fluorescence de divers corps. Il suffit de les rapporter à la fluorescence de l'un d'eux pris pour étalon, l'eau pure par exemple.

Posons pour l'eau $2f_1/(I_1+i_1)=r_1$ et pour le corps examiné $2f/(I+i)=r$ en prenant pour unité l'intensité de la fluorescence émise par l'eau pure,

$$2f=\frac{r}{r_1}\cdot\frac{I+i}{I_1+i_1}$$

$(I+i)/(I_1+i_1)$ représentant le rapport des intensités diffusées par le corps et par l'eau.

Or ces intensités ont déjà été déterminées pour un certain nombre de substances. Il est donc possible dans ces cas d'évaluer l'intensité de fluorescence par rapport à l'eau. Pour les autres substances que nous avons examinées nous donnerons l'intensité de fluorescence par rapport à l'intensité de la lumière diffusée.

Les corps étudiés chimiquement purs étaient en outre redistillés et examinés dans le vide.

| | $\frac{2f}{I+i}$. | $2f$. | | $\frac{2f}{I+i}$. |
|---|---|---|---|---|
| Eau | 0,13 | 1 | Cyclooctane | 0,21 |
| Alcool amylique | 0,15 | 4,7 | Méthylcyclohexane | 0,14 |
| Chlorure d'amyle | 0,08 | – | O-diméthylcyclohexane | 0,06 |
| Bromure d'amyle | 0,07 | – | M-diméthylcyclohexane | 0,05 |
| Nitrate d'amyle | 0,27 | – | P-diméthylcyclohexane | 0,01 |
| Éther éthylique | 0,04 | 1,6 | Cyclopentène | 0,08 |
| Hexane | 0 | 0 | Cyclohexène | 0,17 |
| Benzène | 0 | 0 | Cycloheptène | 0,20 |
| Toluène | 0 | 0 | Cyclooctène | 0,10 |
| O-xylène | 0 | 0 | Méthylcyclohexène $\Delta_1$ | 0 |
| M-xylène | 0 | 0 | Diméthyl-1.4-cyclohexène | 0 |
| P-xylène | 0 | 0 | Méthylcycloheptène $\Delta_1$ | 0,08 |
| Alcool benzylique | 0,15 | 17,5 | Éthylcyclopentène $\Delta_1$ | 0 |
| Cyclopentane | 0,09 | – | Éthylcyclohexène $\Delta_1$ | 0 |
| Cyclohexane | 0,20 | 7 | Époxycyclopentène | 1,6 |
| Cycloheptane | 0,11 | – | Époxycyclohexène | 0,5 |

1° L'eau pure redistillée deux fois, en milieu sulfochromique puis sur baryte, redistillée à nouveau dans le vide, présente toujours une faible fluorescence, ce qui confirme les résultats de Sweitzer (¹) montrant que,

(¹) *Light Scattering of aqueous salt solutions* (*Thesis of doctor of Philosophy*). Toronto, 1927.

quel que soit le mode de purification et le récipient où on la conserve, l'eau présente toujours le même taux de fluorescence.

2° Parmi les carbures étudiés un certain nombre ne sont pas fluorescents. Par contre, les composés renfermant de l'oxygène sont tous fluorescents. Ceci confirme les observations déjà énoncées à ce sujet [Krishnan ([1])].

3° Les cyclanes et leurs dérivés sont tous fluorescents; en particulier l'introduction d'un groupement méthyle sur le carbure en $C^6$ diminue le taux de fluorescence. Avec les dérivés diméthylés on constate que l'ortho et le méta ont des fluorescences très voisines tandis que le para n'est sensiblement pas fluorescent. Ces trois corps se différenciaient d'une façon analogue par le facteur de dépolarisation.

4° En ce qui concerne les cyclènes, on observe également que ces carbures sont fluorescents, mais ici l'introduction d'un groupement méthyle ou éthyle dans la molécule diminue fortement et même parfois annule la fluorescence.

Ces recherches sont poursuivies.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation de l'iodosulfure d'antimoine par voie humide.* Note de M. **F. François**.

La formation de sulfohalogénures par action de l'hydrogène sulfuré sur des solutions d'halogénures métalliques n'a été signalée que dans le cas du plomb (chorosulfure $PbS, PbCl^2$) et du mercure (sulfohalogénures mercuriques : $2HgS, HgX^2$).

Des dosages d'antimoine par l'hydrogène sulfuré dans des solutions iodhydriques d'iodure d'antimoine nous ayant fourni des résultats trop forts par pesée du précipité, nous avons pensé à la présence d'un iodosulfure dans celui-ci.

I. *Obtention de l'iodosulfure d'antimoine.* — Dans des matras jaugés ($120^{cm^3}$) nous avons, à un volume déterminé d'une solution iodhydrique d'iodure d'antimoine, ajouté des volumes variables d'une même solution de $H^2S$ et complété rapidement par de l'eau distillée. Les matras ont été bouchés rapidement et soumis immédiatement à l'agitation (la teneur du liquide en acide iodhydrique était suffisante pour éviter toute hydrolyse).

L'agitation ayant été prolongée pendant huit jours vers 18°, l'aspect

([1]) *Phil. Mag.*, 1, 1925, p. 697-715.

des matras permet de les sérier en deux catégories : *a*. les uns (qui correspondent aux plus faibles quantités d'hydrogène sulfuré mis en jeu) séparent très bien par décantation un précipité rouge lie de vin d'une liqueur colorée. *b*. les autres séparent mal par décantation une liqueur incolore d'un précipité orangé, léger, se rassemblant très lentement.

Dans tous les cas, les précipités séparés par essorage peuvent être lavés soit à l'eau (série *b*), soit d'abord avec une solution d'acide tartrique puis à l'eau (série *a*) et séchés. Ils peuvent donc être soumis directement à l'analyse (voir tableau).

15$^{cm^3}$ d'une solution de $SbI^3$ ($0^{mol},004$) dans IH ($0^{mol},075$) reçoivent des volumes variables d'une même solution de $H^2S$. On complète à 120$^{cm^3}$ par de l'eau distillée :

| $H^2S$ mis en jeu. (mol) | Sb pour 100 du précipité. | Rapport $Sb^2S^3/SbI^3$ dans le précipité. | |
|---|---|---|---|
| 0,00225 | 42,7 | 0,95 | Précipité lie de vin<br>Pour SbSI, Sb %=43,4 |
| 0,003 | 42,9 | 0,96 | |
| 0,00375 | 43,03 | 0,97 | |
| 0,004 | 43,4 | 1,0 | |
| 0,00425 | 43,4 | 1,0 | |
| 0,00525 | 48,2 | 1,50 | Précipité rouge orangé |
| 0,0080 | 57,3 | 3,46 | |
| 0,00105 | 60,4 | 4,9 | |

Le résidu lie de vin des tubes de la série *a* est donc l'iodosulfure SbSI. La liqueur baignante est une solution iodhydrique de $SbI^3$ contenant du $H^2S$ à très faible concentration. Les solides des tubes de la série *b*, de compositions variables, ne permettent de mettre en évidence aucun autre iodosulfure. La liqueur est alors une solution iodhydrique de $H^2S$ exempte de $SbI^3$.

Le précipité obtenu tout d'abord est, dans tous les cas, rouge orangé. Nous avons utilisé, dans les conditions qui mènent à SbSI, le dispositif de Mr Jolibois permettant la réalisation du mélange instantané des liqueurs réagissantes. Le précipité orangé formé dans ces conditions, essoré après deux minutes de contact, lavé, séché et analysé, est bien plus riche en $Sb^2S^3$ que SbSI (Sb pour 100 = 51,8, soit $Sb^2S^3/SbI^3 = 2,06$). Il subit donc ultérieurement une sorte de rétrogradation.

II. Nous avons également réalisé la transformation en SbSI du sulfure d'antimoine par action d'acide iodhydrique sur du sulfure préparé par précipitation, lavé et non séché, soit sous sa forme orangée, soit sous sa forme noire.

En conservant le même volume liquide ($120^{cm^3}$) et le même nombre d'atomes d'antimoine mis en jeu ($0^{mol},002$ $Sb^2S^3$), pour des solutions de HI de concentration supérieure à $1^{mol},9$ par litre, le précipité virait au lie de vin après deux jours d'agitation. Il était alors constitué par de l'iodosulfure pur.

III. L'iodosulfure SbSI présente un aspect bien caractéristique : c'est une poudre fine, lie de vin, qui apparaît cristallisée au microscope. Il fond à 392° en un liquide rouge foncé qui se décompose lentement au-dessus de cette température en sulfure et iodure d'antimoine sublimable. Inaltéré par l'eau froide ou bouillante, il reste inattaqué en suspension aqueuse froide ou chaude par l'hydrogène sulfuré. Les solutions concentrées d'un hydracide halogéné le détruisent surtout à chaud avec départ d'hydrogène sulfuré.

Nous avons donc mis en évidence l'obtention de l'iodosulfure SbSI par voie humide. Son inaltérabilité par l'hydrogène sulfuré en solution implique l'impossibilité du dosage classique de l'antimoine à l'état de sulfure dans le cas de solutions iodhydriques d'iodure d'antimoine.

Nous poursuivons une étude analogue sur l'iodosulfure de bismuth.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Stéréomutation et absorption des acides β-anisylacryliques.* Note (1) de M<sup></sup>lle **R. Mendes da Costa**, présentée par M. Delépine.

Ayant étudié précédemment comment variait l'absorption dans l'ultraviolet des acides β-arylacryliques avec la position et le nombre des groupes méthyle sur la chaîne latérale, je me suis proposé de préparer les stéréoisomères de ces acides non saturés et d'étudier leurs propriétés.

Stoemer avait déjà décrit et étudié l'acide allo-*p*-méthoxycinnamique et l'acide allo-β-pipéronyl-acrylique (2). Il les avait obtenus en irradiant, par une source de rayons ultraviolets, soit les acides correspondants, en solution dans l'alcool méthylique ou l'acide acétique, soit leurs sels de sodium en solution aqueuse.

Après plusieurs essais, j'ai constaté que l'emploi des sels de sodium

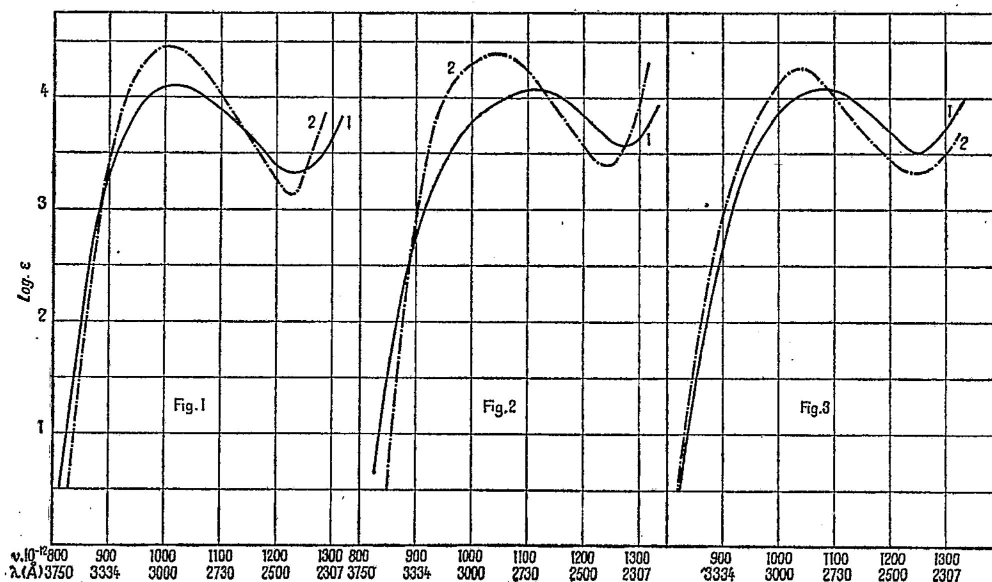
(1) Séance du 14 mai 1934.

(2) Stoemer, *Ber. d. chem. Ges.*, 44, 1911, p. 636; 46, 1913, p. 260.

donnait les meilleurs résultats; j'ai appliqué cette méthode aux acides α-méthyl-β-anisylacrylique, β-méthyl-β-anisylacrylique, et j'ai ainsi obtenu les stéréoisomères correspondants.

Les proportions des acides transformés sont, dans de larges limites, indépendantes de la concentration, mais sont fortement influencées par le degré de pureté des produits mis en œuvre.

Toutes choses égales, j'ai obtenu en partant d'acides optiquement purs :




50 pour 100 d'acide allo-β-anisylacrylique fondant à 65°, 30 pour 100 d'acide allo-α-méthyl-β-anisylacrylique fondant à 113° et 35 pour 100 d'acide allo-β-méthyl-β-anisylacrylique fondant à 110°.

Les acides ainsi obtenus sont beaucoup plus solubles dans l'alcool, l'éther, le benzène et l'eau chaude que leurs isomères à point de fusion élevés.

L'étude spectrale d'un certain nombre de couples de stéréoisomères, a montré que les deux isomères ont, dans l'ultraviolet, des absorptions différentes. Toutefois on ne peut énoncer de règle générale reliant la structure de chacun des isomères avec les positions et les intensités respectives de leurs bandes d'absorption. Or la structure de l'acide allo-α-méthyl-β-anisylacrylique est déterminée par voie chimique. En effet, traité à —10° par l'acide sulfurique concentré, il se déshydrate en donnant la méthoxy 3, α-méthylindone fondant à 142°, alors que, dans les mêmes conditions,

l'acide α-méthyl-β-anisylacrylique ne donne aucun produit de cyclisation; ce qui montre sans ambiguïté que l'acide à point de fusion bas possède la structure cis. Ce résultat acquis, il était intéressant de mesurer l'absorption des acides décrits ci-dessus et de comparer les courbes relatives aux deux isomères.

Dans la figure se trouvent les courbes d'absorption des acides : allo-β-anisylacrylique (courbe 1), β-anisylacrylique (courbe 2); dans la figure 2, celles des acides : cis-α-méthyl-β-anisylacrylique (courbe 1), trans-α-méthyl-β-anisylacrylique; et dans la figure 3, celles des acides allo-β-méthyl-β-anisylacrylique (courbe 1), β-méthyl-β-anisylacrylique (courbe 2).

On constate que l'intensité des bandes d'absorption diminue fortement, et que leurs positions sont plus ou moins nettement déplacées vers l'ultraviolet, quand on passe des acides-β-anisylacryliques aux acides allo-β-anisylacryliques.

Bien que la structure des acides α-méthyl-β-anisylacryliques cis et trans soit seule établie par voie chimique, la similitude des différences d'absorption entre les deux isomères de chacun des acides étudiés permet, semble-t-il, d'attribuer aux acides allo-β-anisylacryliques la structure cis.

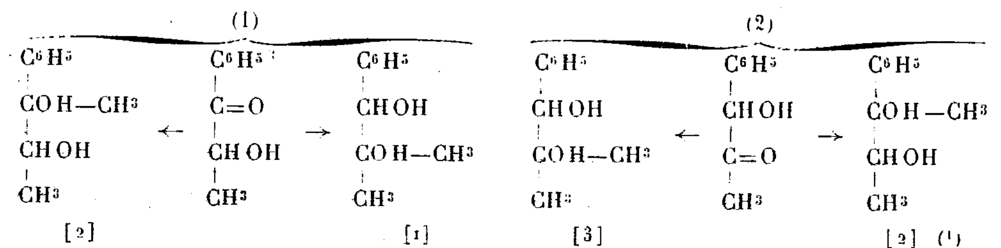
Au cours de ce travail, j'ai préparé les corps suivants qui n'avaient pas encore été signalés à ma connaissance : les acides cis-α-méthyl-β-anisylacrylique, cis-β-méthyl-β-anisylacryliques, et la méthoxy-3, α-méthylindone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transpositions réciproques du méthylbenzoylcarbinol et du phénylacétylcarbinol. Un cas d'une nouvelle tautomérie céto-anolique.* Note de M. **A. E. Favorsky** et M^me^ **T. I. Temnikowa**, présentée par M. A. Béhal.

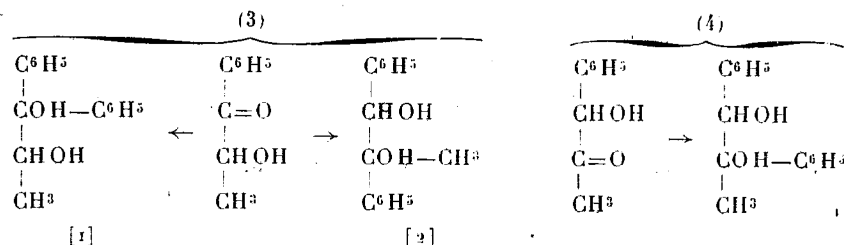
D'après les observations de Auwers [1] et Neuberg [2] le méthylbenzoylcarbinol et le phénylacétylcarbinol donnent la même semicarbazone (F. 194°) et une thiosemicarbazone (F. 201°). Sous l'action de l'isocyanate de phényle, Auwers a obtenu la même phényluréthane (F. 143-144°). Nos données expérimentales montrent que les deux cétols donnent, sous l'action

(1) Auwers und Mauss, *Bioch. Z.*, **192**, 1928, p. 200.
(2) Neuberg und Ohles, *Bioch. Z.*, **127**, 1922, p. 333.

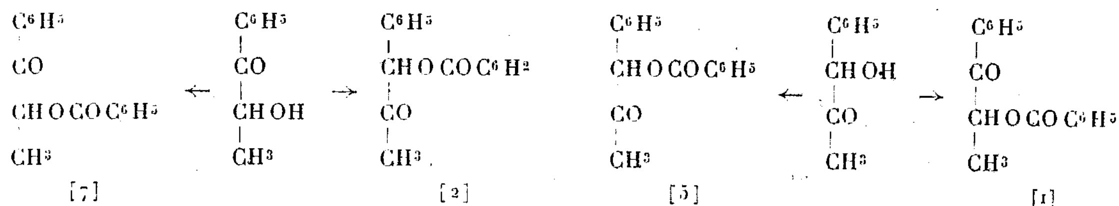
du bromure du méthylmagnésium, un mélange de glycols



Dans le cas (1), le mélange possédait un point de fusion 35-44° et $Éb_{17,5} = 154,5\text{-}155°$; dans le cas (2), F. 35-43°, $Éb_{17} = 154,5\text{-}155°,5$. Les données de l'analyse répondaient à la formule du glycol. Sous l'action du bromure de phénylmagnésium, le méthylbenzoylcarbinol donne un mélange de glycols, tandis que le phénylacétylcarbinol donne exclusivement le glycol normal :



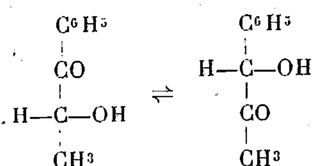
Dans le cas (3), le mélange des glycols fut séparé par cristallisation en quatre fractions (F. 76-88°, 75-84°, 45-68° et 97°,5); toutes les fractions répondaient, d'après l'analyse, à la formule du glycol. Sous l'action du chlorure de benzoyle, les cétols donnent tous les deux un mélange d'éthers-sels benzoïques : 1° F. 51,5-52°,5, répondant au phénylacétylcarbinol et 2° F. 108-109°, répondant au méthylbenzoylcarbinol :



Les données expérimentales citées plus haut prouvent que le méthyl-

(1) Les chiffres entre crochets montrent le rapport entre les quantités des glycols qui se produisent.

benzoyl et le phénylacétylcarbinols d'après les réactions de leur obtention, le premier en partant de la bromo-propiophénone en passant par l'acétate et en saponifiant ce dernier, le second par l'action du bromure de méthylmagnésium sur l'amide de l'acide amygdalique, sont d'après leurs constantes physiques des substances individuelles, qui ne changent pas lorsqu'on les abandonne à elles-mêmes. Quand ils réagissent avec la semicarbazide, l'isocyanate de phényle, les composés organomagnésiens et le chlorure de benzoyle, ils se comportent à de rares exceptions ou comme des mélanges tautomères, ou bien se transforment complètement l'un dans l'autre. Ce cas du nouveau type de tautomérie ressemble beaucoup à la tautomérie céto-énolique, différant quand même sérieusement de cette dernière par le fait, que dans le dernier cas le mécanisme de la transposition consiste en une migration d'un atome d'hydrogène de l'oxygène au carbone et inversement, tandis que dans notre cas nous avons une migration simultanée de deux atomes d'hydrogène selon le schéma :




Ce nouveau type de tautométrie que nous avons découvert et prouvé doit recevoir le nom de tautomérie céto-*a*nolique ou céto-carbinolique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le passage d'un cycle à un autre par désamination des 2-aminocyclanols*. Note de MM. **Marcel Godchot** et **Max Mousseron**, présentée par M. Delépine.

Le passage d'un cycle à un autre en série hydroaromatique a été réalisé ces dernières années par différentes méthodes dont la plupart exigent l'intervention de la chaleur.

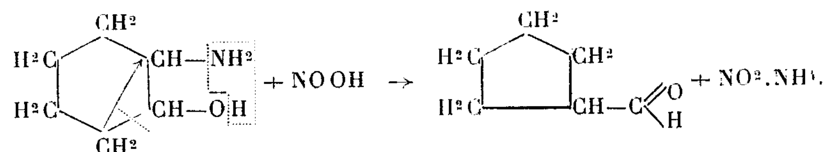
Il nous a été donné d'effectuer ce passage par un procédé se réalisant au contraire à une température voisine de 0°.

L'acide nitreux, agissant sur le 2-aminocyclohexanol à 0° fournit la cyclopentylformaldéhyde; de même, avec le 2-aminocycloheptanol on obtient la cyclohexylformaldéhyde. Ces régressions de cycle sont analogues

à celles indiquées par Tiffeneau (¹) dès 1914 par action du nitrate d'argent sur l'iodhydrine du 1.2-cyclohexanediol et par l'un de nous, avec ses collaborateurs, dans diverses circonstances (²). Notons également que Wallach (³), généralisant les observations de Demjanow (⁴), par action de l'acide nitreux sur la cyclopentylméthylamine a obtenu le cyclohexanol, sur la cyclohéxylméthylamine le cycloheptanol, sur la cycloheptylméthylamine le cyclooctanol, par passage d'un cycle à un autre avec augmentation d'un chaînon $CH^2$. Les résultats indiqués dans cette Note réalisent au contraire un rétrécissement des cycles en $C^6$ et en $C^7$.

A. Lorsqu'on traite l'oxalate acide (ou le tartrate acide) de ces deux aminocyclanols en solution aqueuse diluée par du nitrite de sodium, en opérant dans un flacon maintenu constamment aux environs de 0°, on ne constate aucun dégagement d'azote; aussitôt apparaît un liquide huileux, très peu soluble dans l'eau, à odeur désagréable et fort pénétrante, tandis qu'il se dépose de l'oxalate acide de sodium; après quelques heures, la formation de ce composé semble terminée; on l'entraîne à la vapeur d'eau après neutralisation et on l'examine.

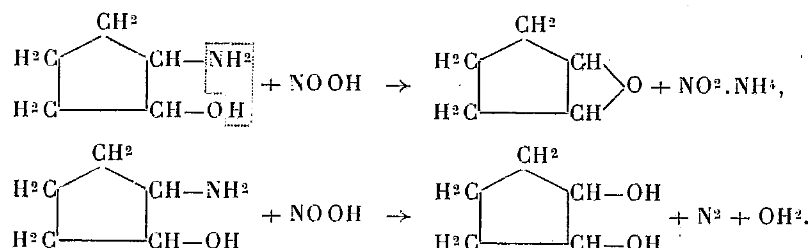
Avec le 2-aminocyclohexanol, le produit ainsi obtenu est la cyclopentylformaldéhyde; en effet, ce corps se combine au bisulfite, recolore le réactif de Schiff, distille à 42-43° sous $18^{mm}$, $n_D^{21} = 1,4430$, $d^{21} = 0,938$; sa semicarbazone est fusible à 123-124°, et par oxydation nitrique l'aldéhyde (ou son polymère qui l'accompagne) fournit l'acide glutarique (F = 96-97°). On peut supposer que l'élimination de l'ammoniac s'effectue en empruntant au groupement CH OH son hydrogène oxhydrilique, forme de désamination envisagée du reste par M. Tiffeneau et Mlle Lévy (⁵) dans leurs recherches sur les phénylamino-alcools.




(¹) *Comptes rendus*, **159**, 1914, p. 771.
(²) *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 375 et 955; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **43**, 1928, p. 521.
(³) *Annalen der Chemie*, **353**, 1907, p. 318.
(⁴) *Journ. Soc. phys. chim. russe*, **35**, 1903, p. 30; **36**, 1904, p. 166.
(⁵) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **49**, 1931, p. 1847.

Avec le 2-aminocycloheptanol, on obtient de même la cyclohexylformaldéhyde (semicarbazone F = 167-168°) qui, par oxydation nitrique, conduit à l'acide adipique (F = 149-150°). Dans les deux cas étudiés ci-dessus, il ne se forme pas de glycol, dont la présence aurait été du reste décelée par un dégagement d'azote. Le rendement en aldéhyde cyclopentanique à partir du 2-aminocyclohexanol, d'obtention facile, est très satisfaisant (plus de 80 pour 100).

B. Si l'on traite, dans des conditions identiques par l'acide nitreux naissant, l'oxalate ou le tartrate acide du 2-aminocyclopentanol, on n'observe aucune formation d'aldéhyde, mais un dégagement régulier d'azote, correspondant environ aux deux tiers de la quantité exigée pour l'obtention du 1.2-cyclopentanediol qui se forme en même temps que l'époxycyclopentane (Éb$_{760}$ = 102-103°; $n_D^{25}$ = 1,4375); le diol, séparé de ce dernier par distillation fractionnée, est bien le *trans* 1.2-cyclopentanediol, car il ne se combine pas à l'acétone en milieu chlorhydrique et fournit une diphényluréthane, F = 211-212°, identique à celle déjà trouvée par l'un de nous et F. Taboury [1]




Ces faits, en accord avec la très grande stabilité du cycle cyclopentanique, semblent apporter de plus une preuve nouvelle de la configuration *trans* du 2-aminocyclopentanol, point que nous avions déjà entrevu [2].

*Conclusion.* — La désamination des 2-aminocyclanols en C$^6$ et C$^7$ conduit à un rétrécissement de cycle avec formation unique d'aldéhydes en C$^5$ et C$^6$, tandis que le 2-aminocyclopentanol à structure très stable se désamine sans modification du cycle avec apparition simultanée de l'époxyde et du *trans*-diol.

---

(1) *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 1625.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 25.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'existence de positions privilégiées de substitution dans le sulfure de diphénylène.* Note de MM. **Charles Courtot** et **Izaak Kelner**, présentée par M. Delépine.

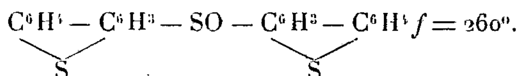
Le sulfure de diphénylène conduit facilement à un dérivé monosulfoné dont le sulfochlorure fond à 140° [1]. Ce composé nous a permis de préparer l'acide sulfinique, puis le thiol correspondant.

I. *Acide monosulfinique du sulfure de diphénylène.* — 75$^g$ de poudre de zinc sont mis en suspension dans 150$^{cm^3}$ d'eau. Le ballon est muni d'un agitateur mécanique. On introduit, dans la masse en ébullition, par petites portions, 25$^g$ de sulfochlorure. La chauffe est continuée pendant 2 heures, après addition terminée, et l'agitation est maintenue. On traite alors par du carbonate de sodium et l'on filtre.

Le monosulfinate de sodium du sulfure de diphénylène passe en solution et après acidification par ClH, l'acide libre précipite sous forme de masse gommeuse légèrement colorée en jaune clair. Cet acide est soluble dans l'eau chaude — débarrassée préalablement d'air — et reprécipite à froid en cristaux microscopiques, liés à une molécule d'eau. L'hydrate fond à 121°. Il s'oxyde à l'air en acide monosulfonique du sulfure de diphénylène, variété hydratée, $f=172°$, décrite antérieurement (*loc. cit.*).

L'acide sulfinique du sulfure de diphénylène est peu soluble dans les solvants organiques usuels; par contre, il est assez soluble dans le chloroforme. Le sel de sodium est bien soluble dans l'eau chaude, d'où il cristallise par refroidissement en petits prismes incolores. Le sel de baryum est assez soluble dans l'eau chaude. Il reprécipite par refroidissement en poudre blanche.

L'acide sulfinique du sulfure de diphénylène, traité par $Cl^2SO$, conduit à un sulfichlorure trop fragile pour être isolé, mais qui, condensé en milieu sulfocarbonique et en présence de $Cl^6Al^2$, avec une molécule de sulfure de diphénylène, fournit une didiphénylènesulfuresulfinone



$$C^6H^4 - C^6H^3 - SO - C^6H^3 - C^6H^4 \quad f = 260°.$$
(les deux groupes $C^6H^4 - C^6H^3$ étant reliés chacun par S)

II. *Diphénylènesulfuremonothiol.* — L'acide sulfinique du *sulfure de diphénylène* est réduit en milieux aqueux, à 15°, par la poudre de zinc. Il se forme d'abord le disulfure de diphénylènesulfure, fines aiguilles incolores $f=175°$. Il est peu soluble dans les solvants habituels, très soluble dans le sulfure de carbone. Pour passer au thiol correspondant, il suffit, dans la réduction précédente, d'élever la température du milieu réactionnel à 90° et d'ajouter une nouvelle quantité de poudre de zinc. On

---

[1] Ch. Courtot et Pomonis, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 893; Pomonis, *Thèse de Doctorat d'Université*, Nancy, 1926.

extrait alors plusieurs fois le mélange à l'éther, débarrassé du peroxyde. La solution éthérée dépose un corps blanc jaunâtre, fondant à 81°. C'est un corps peu soluble dans les solvants organiques, peu stable, s'altérant facilement à la lumière. Il se transforme, même sous l'influence de l'oxygène de l'air et à froid, en disulfure de diphénylène-sulfure décrit plus haut.

Nous en avons préparé les dérivés acétylé, benzoylé et éthylé.

*a. Dérivé acétylé.* — Le thiol du diphénylènesulfure, traité en milieu benzénique par de la soude — pour former le dérivé sodé — puis par du chlorure d'acétyle, conduit au dérivé acétylé correspondant. Recristallisé plusieurs fois du benzène, le dérivé acétylé est un corps blanc, $f = 122°$. Il se présente en lamelles assez bien formées.

*b. Dérivé benzoylé.* — Un traitement analogue effectué avec du chlorure de benzoyle donne le benzoate du diphénylènesulfurethiol. Ce composé, recristallisé de l'éther de pétrole, fond à 116° et se présente en lamelles blanc jaunâtre, assez solubles dans la plupart des solvants organiques.

*c. Dérivé éthylé.* — L'éthylsulfure diphénylènesulfure est préparé d'une façon analogue avec du bromure d'éthyle. Il est recristallisé de l'éther de pétrole duquel il se dépose en petits cristaux cubiques, blanc jaunâtre, $f = 93°$.

Nous sommes arrivés au même thiol du diphénylènesulfure à partir du nitrodiphénylènesulfure ($f = 184°$) décrit précédemment (*loc. cit.*).

Ce dérivé a été réduit en l'amine correspondante et celle-ci, diazotée, fut soumise à l'action de l'éthylxanthogénate de potassium. L'éther diphénylènesulfure thioxanthogénique, purifié par recristallisation dans l'éther, est décomposé par la potasse caustique, ce qui conduit au sel de potassium du diphénylènesulfure thiol et à un peu de diphénylènesulfure disulfure. Le sel de K est traité par $C^6H^5COCl$, le dérivé benzoylé est purifié comme (*b*). Il fond au même point et l'épreuve par mélange n'accuse pas d'abaissement. L'examen au microscope indique des cristaux identiques.

Il résulte de l'expérimentation précédente que les substituants $SO^3H$ et $NO^2$, dans nos conditions opératoires, occupent la même position dans le sulfure de diphénylène. Or, par application de la réaction de Sandmeyer au dérivé aminé susmentionné, nous avons remplacé le groupe $NH^2$ par du chlore, du brome, de l'iode ([1]). D'autre part la chloruration directe du sulfure de diphénylène conduit à un dérivé monochloré identique à celui que fournit la réaction de Sandmeyer. Il en est de même en ce qui concerne la bromuration. *Il existe donc très nettement une position privilégiée de monosubstitution dans le sulfure diphénylène.*

---

([1]) CH. COURTOT, L. NICOLAS et TCHANG HAN LIANG, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1624.

D'autre part, une position de bisubstitution, symétrique de la première, et identique à celle-ci dans le second noyau benzénique du sulfure de diphénylène, existe dans cette intéressante molécule, *que les substituants soient identiques ou non*. En effet, par nitration du dérivé monobromé F = 126°, nous obtenons un monobromomononitro-diphénylènesulfure identique au produit de bromuration du dérivé nitré (¹). De plus, le dérivé monosulfuré, soumis à la nitration, conduit à un nitrosulfodiphénylènesulfure identique à celui obtenu par sulfonation du dérivé mononitré (²). Enfin, le dérivé bromonitré, par réduction du groupe nitro en groupe amino et transformation de ce dernier en élément bromo, permet d'obtenir le dibromodiphénylènesulfure identique au dérivé bromé de bromuration directe F = 229°. Étant donné la formule actuellement admise par les chimistes pour représenter le sulfure de diphénylène, *il résulte déjà, de la série de réactions précédentes, que les deux substituants occupent, dans chacun des noyaux benzéniques, une position symétrique par rapport à l'atome de soufre et, par conséquent, par rapport à la liaison diphénylique.*

Ceci, joint aux résultats acquis antérieurement (³), établit que les éléments ou groupes chloré, bromé, iodé, aminé, nitré, sulfoné, sont situés soit en position ortho, soit en position para vis-à-vis du soufre, dans le sulfure de diphénylène.

GÉOLOGIE. — *Sur le métamorphisme*. Note de M. **R. Perrin**, présentée par M. de Launay.

L'action des laitiers sur les revêtements de fours s'accompagne de véritables destructions de la paroi et d'imprégnations du revêtement attribuées jusqu'ici à la porosité de ce dernier qui absorbait le liquide par effet physique. L'étude des phénomènes qui se passent au contact de revêtements de silice et de laitiers siliceux complexes, analogues, comme composition, aux roches éruptives, conduit à une conception nouvelle de tels phénomènes. On constate, en effet, à titre d'exemple, qu'un laitier siliceux contenant

(¹) Ce composé a été réduit en sulfure de bromoaminodiphénylène; on en a fait les dérivés acétylé et benzoylé et, pour les trois couples de corps, les points de fusion sont identiques.

(²) Le sulfochlorure fond à 257°.

(³) Ch. Courtot et Chaix, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1667.

18 pour 100 de $Al^2O^3$, 16 pour 100 de $TiO^2$, 13 pour 100 de MgO et 3,5 de CaO, en présence d'une paroi de silice, titrait après une heure de séjour, 12 pour 100 d'$Al^2O^3$, 6 pour 100 de $TiO^2$, 5 pour 100 de MgO et 3,5 de CaO. Les trois premiers éléments ont baissé dans des proportions radicalement différentes, la chaux n'a pas changé. De tels faits excluent toute hypothèse de dilution simple, ou d'imprégnation du revêtement par le laitier liquide. Force est bien d'admettre que les différents éléments ont diffusé de façon tout à fait inégale dans la paroi. Si, après une telle opération, l'on charge un nouveau laitier différent, on observe une migration en sens inverse; si ce laitier ne contenait, au début ni alumine, ni $TiO^2$ par exemple, on y dose après séjour des quantités très apréciables de ces corps. L'expérience prouve que, en faisant varier l'analyse du laitier, l'on peut changer et même inverser les proportions respectives des éléments qui diffusent dans le revêtement. Enfin l'analyse des revêtements dans des parties visiblement non scorifiées, confirme cette migration à l'état solide et montre qu'elle s'étend en profondeur, la teneur en éléments diffusés diminuant au fur et à mesure que l'on s'écarte du bain, après une opération de courte durée.

Il se produit donc des échanges réciproques constants entre laitiers et parois et entre les couches successives de la paroi, donc entre corps solides; ces échanges obéissent à des lois.

Les différents silicates existant dans le laitier sont plus ou moins dissociés. Il y a réaction entre les oxydes libres et la silice du revêtement, puis migration progressive desdits oxydes dans les parties non en contact avec le laitier. La diffusion inégale des différents corps sera conditionnée par la concentration de ces corps à l'état libre, d'une part, et, d'autre part, par les constantes des équilibres. Ces échanges sont généraux; on en constate en parois basiques. Dans le cas le plus général, on peut avoir, d'une part, dissolution partielle de la paroi dans le laitier et parallèlement absorption d'éléments du laitier dans la paroi, ce qui en modifie le point de fusion et peut l'abaisser au-dessous de la température du laitier, d'où attaque ou *digestion*.

La transposition de telles diffusions réalisées en des temps très courts d'un liquide à un solide et entre les différents points d'un solide pourtant peu compact (la paroi), dans le domaine et à l'échelle géologiques, permet d'affirmer qu'elles ont dû intervenir dans les phénomènes de métamorphisme, et donne une explication suffisante de beaucoup de ces phénomènes, sinon

de tous, tout en permettant de prévoir la nature des lois auxquelles ils obéissent. Il n'est besoin de faire intervenir aucun élément gazeux, aucune fumerolle. Tout le métamorphisme semble pouvoir se déduire de réactions entre liquides et solides ou entre solides. La composition des éléments en présence, la température et la durée de l'action seront les données fondamentales qui conditionnent l'allure du phénomène. Il y aura modification réciproque des terrains réagissants : exomorphisme et endomorphisme. Les diffusions dans les corps solides ou pâteux sont très influencées par les résistances passives de toutes sortes, et le métamorphisme pourra affecter des allures très irrégulières; enclaves réciproques. Si la modification de composition de la roche et la température sont suffisantes pour qu'il y ait fusion ou tout au moins possibilité de recristallisation, il y aura digestion. Celle-ci peut, d'ailleurs, s'étendre de proche en proche à des terrains déjà transformés à distance à température plus basse et où auront pu naître de gros cristaux (influence de la température sur les vitesses respectives de germination et d'accroissement des cristaux), et la roche digérée contiendra ainsi des phénocristaux formés antérieurement, qui pourront être de composition différente et plus ou moins corrodés lors de l'action ultérieure de digestion. Les échanges à haute température pendant un temps suffisamment long doivent à la limite conduire à l'homogénéisation complète : allure de massifs; sinon il y aura variation progressive de la composition : différenciation, zones de métamorphisme. Tous les types de passage pourront et devront être observés. Les échanges chimiques, se faisant par les éléments libres, seront le moins altérés par le transformisme, les roches à composés définis stables comme le carbonate de chaux : les calcaires. Enfin la diffusion solide de certains éléments devra chasser devant elle d'autres éléments existant antérieurement; par exemple la silice doit chasser les acides faibles : concentration des éléments borés ou fluorés en bordure des massifs ou en certains points de ceux-ci; vu la très faible miscibilité des silicates avec les sulfures, la diffusion de silice doit tendre à concentrer les sulfures en amas. Certains amas de sulfures ainsi que d'ilménite, de magnétite, de corindon sont peut-être dus à des causes semblables.

Dans une telle théorie chaque portion de l'écorce soumise à des températures assez élevées, parvenue au contact de magmas fondus ou pâteux, ou parce que ramenée en profondeur, doit donner naissance à des échanges à l'état solide et à des transformations profondes, allant de la plus faible minéralisation jusqu'à l'homogénéisation en massifs, selon les conditions

de température et la durée de maintien à chaque température $\theta$, donc en gros en fonction de l'intégrale $\int \theta \, dt$. Les laves elles-mêmes n'échappent pas en général à de tels phénomènes, elles peuvent être plus ou moins transformées au cours de leur ascension, et nous ne pouvons jamais atteindre la vraie nature du magma profond.

GÉOLOGIE. — *Sur l'allure du Synclinal de Rognette et l'enracinement du pli couché des Bessillons (Var).* Note de M. **Albert-F. de Lapparent**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les recouvrements observables entre Barjols et Lorgues (Var) avaient été interprétés par Marcel Bertrand ([1]) et Zurcher dès 1889, comme appartenant à un seul grand pli couché, déversé vers le Nord sur 3km au moins. Reprenant plus tard l'hypothèse que Marcel Bertrand avait suggérée pour la Basse-Provence, des auteurs ([2]) ont pensé qu'il s'agissait non point d'un pli enraciné immédiatement au Sud de Salernes, mais que les multiples sinuosités du contact n'étaient que le bord d'une grande nappe s'étendant plus au Nord, et dont on retrouverait l'autre bord lui faisant face, près d'Aups, par-dessus le Jurassique autochtone. Malgré les critiques de M. Repelin, Emile Haug ([3]), plus récemment, avait cru pouvoir admettre l'existence dans ces régions, non pas d'une seule nappe des Bessillons, mais de trois nappes, qui se distingueraient l'une de l'autre par les faciès gréseux, argileux ou calcaire du Rognacien.

Des recherches récentes m'ont montré l'impossibilité de baser une telle conclusion sur les variations de faciès de cet étage.

En réalité, on se trouve en présence de sédiments lacustres, généralement argileux, dans lesquels s'intercalent des niveaux gréseux ou calcaires, d'allure lenticulaire. Dans le Rognacien du synclinal de Salernes, j'ai retrouvé les « grès à Reptiles » fossilifères, au-dessus des marno-calcaires à *Bauxia*. Dans la plaine de Rognette, j'ai pu distinguer deux niveaux stratigraphiques. A la base, le Rognacien principalement argileux, avec lentilles de grès bruns, à ossements de Dinosauriens, et de brèches polychromes, recouvre au Nord de nombreux gîtes de bauxite; au-dessus du Rognacien, au centre du synclinal, des argiles rouge vif, des sables micacés bleutés et des poudingues à dragées de quartz, représente une partie de l'Éocène inférieur.

---

([1]) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, 17, 1889, p. 234.

([2]) E. Haug et L. Bertrand, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 147.

([3]) *Mém. Carte géol. de la France*, 2, 1930, p. 156.

Venant aux dispositions tectoniques, je signalerai quelques faits particulièrement importants.

Au Sud de la plaine de Rognette, une falaise de calcaires dolomitiques hettangiens, poussés vers le Nord, forme la base de la série normale des Bessillons. Or, si l'on suit le contact de l'Ouest vers l'Est, à partir du vallon transversal situé à 1$^{km}$ de Pontevès, on voit réapparaître partout, sous l'Éocène, les argiles, grès bruns et brèches du Rognacien; toutes ces couches sont *repliées en charnière synclinale*, et légèrement déversées vers le Nord. L'important lambeau de poussée de Sainte-Catherine est constitué par une série inverse allant du Jurassique supérieur aux calcaires marneux bajociens-bathoniens fossilifères. Tous ces termes sont affectés d'un fort pendage vers le Sud, et reposent, suivant une surface de traînage horizontale, en discordance tectonique sur la tranche des bancs rognaciens *verticaux*. A partir des Muets, le synclinal, de plus en plus étroit, tourne au Sud-Est vers Cotignac, et par suite d'un décollement, se trouve chevauché par les calcaires marneux du Jurassique inférieur. Mais bientôt, l'Hettangien vient reposer de nouveau sur les argiles rouges, réduites à quelques mètres de largeur. Le chevauchement et le synclinal se terminent au Sud-Est du Poucet dans un enveloppement de calcaires marneux bajociens-bathoniens, et l'accident *ne se continue pas vers le Nord-Est* : dans cette direction, en effet, l'allure de ces calcaires marneux est régulière, et je n'ai pu y trouver trace d'une discontinuité qui justifierait le contact anormal figuré sur la feuille de Draguignan au 80000$^{e}$.

A cette extrémité orientale, le flanc nord du synclinal est de structure toute différente. Tandis que près du gîte de bauxite des Vaches, le Jurassique supérieur s'enfonce régulièrement sous le Rognacien, entre ce point et Case-Neuve les calcaires marneux du Jurassique inférieur se trouvent en contact avec l'Éocène. Mais dans l'angle au Nord, on voit ces calcaires marneux sortir de dessous le Jurassique supérieur à la faveur d'une faille; là, les grès et argiles rognaciens, fortement redressés, sont *appliqués contre et sur les calcaires marneux de la lèvre soulevée*, par l'intermédiaire d'une brèche de friction. Cette faille d'affaissement, jalonnée par une zone froissée, se continue au Sud-Est jusqu'en face du Poucet. Le Jurassique de Case-Neuve forme à son tour le flanc normal d'un nouveau chevauchement vers le Nord, qui constitue l'extrémité occidentale d'un autre pli, le pli de Salernes. J'ai pu m'assurer que même dans l'angle des Cabanons, le Rognacien du synclinal de Rognette repose sur les dolomies jurassiques à pendage sud.

Ces observations de détail conduisent aux conclusions suivantes :

1° Les dépôts rognaciens-éocènes de Rognette et ceux de Salernes sont répartis *dans deux synclinaux distincts*, et la faille de Case-Neuve ne représente pas un décrochement NW-SE dans le recouvrement d'un même synclinal (1).

2° Dans plusieurs coupes, Zurcher (2) avait figuré l'Éocène inférieur

(1) Cf. Marcel Bertrand, *Mémoire sur les refoulements*, p. 175.
(2) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, 19, 1891, pl. XXVIII, coupes I, II, III.

plongeant au Sud et s'enfonçant profondément sous le chevauchement des Bessillons, qu'il considérait d'ailleurs comme enraciné. L'étude détaillée du contact m'a montré la charnière synclinale visible entre Pontevès et Rognette, de telle manière que le synclinal ne peut se continuer bien loin sous la masse chevauchante.

3° Le pli des Bessillons se termine et s'enracine au Sud-Est ([1]) près de Cotignac, sans rejoindre le chevauchement de Saint Barnabé-Sillans; les calcaires marneux bajociens-bathoniens du flanc normal des Bessillons font, en effet, le tour de cette terminaison, et se relient sans discontinuité à la série de Case-Neuve, qui, elle-même, s'enfonce indiscutablement sous le Jurassique supérieur autochtone du flanc nord du synclinal, vers Rognette et les Cabanons. Là commence *un autre pli couché*, le pli de Salernes, qui *relaye en avant* le pli des Bessillons.

CLIMATOLOGIE. — *Influence de la température et de la saison sur la mortalité.* Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. d'Arsonval.

Les relations entre les éléments météorologiques et le nombre de décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration, à Paris, ont été anciennement étudiées par l'auteur ([2]) sur les données du *Bulletin hebdomadaire de Statistique municipale* pour les dix années 1904-1913. Il a paru utile de refaire cette étude sur une période récente, les dix années 1923-1932.

Les données ont été prises dans le même Bulletin, devenu décadaire, mais où l'on trouve les éléments nécessaires pour calculer les totaux et moyennes par semaine. Il ne sera question ici que des influences de la température et de la saison. On peut faire ressortir la seconde en comparant les chiffres de mortalité correspondant à une même température mais relatifs à des époques différentes de l'année. Comme température, c'est naturellement la moyenne annuelle qu'on choisira.

---

([1]) Les cultures et la végétation rendent malaisée l'étude de sa terminaison occidentale. Cependant la série normale, au Sud-Ouest de Pontevès, passe, à sa partie inférieure, au Trias de Barjols, que des observations personnelles et les arguments développés par M. Repelin (*Comptes rendus*, 158, 1914, p. 286) me portent à considérer comme autochtone.

([2]) Voir *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 686, et *Annales des Services techniques d'hygiène de la Ville de Paris*, 2, 1920, p. 181.

Le travail est conduit de la façon suivante : Au moyen des statistiques hebdomadaires des dix années, on calcule le nombre moyen de décès aux diverses températures et aux diverses époques de l'année, en groupant les températures par tranches de 2° et en réunissant 12 semaines. On distingue, dans l'année, 13 époques de cette durée, empiétant les unes sur les autres.

En première approximation, le nombre de décès peut être considéré, pour chaque époque, comme une fonction linéaire de la température. On calcule les deux constantes de cette fonction par la méthode des moindres carrés. Le coefficient angulaire de ces droites est toujours négatif. Sa valeur absolue est maxima à la fin de l'hiver, minima à la fin de l'été. Les équations linéaires ainsi déterminées indiquent quelle est, aux différentes époques de l'année, la mortalité correspondant à la température moyenne annuelle (10° en chiffre rond).

Ce n'est là qu'une première étape. Pour aller plus loin, on compare les mortalités observées et calculées et l'on fait la moyenne des différences relatives à la température moyenne de l'époque et aux températures qui s'en écartent de 2°, 4°, etc. en plus ou en moins. Les corrections obtenues, exprimées en pour 100, sont les suivantes :

| | Écart de la température à la moyenne de l'époque. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | — 8°. | — 6°. | — 4°. | — 2°. | 0°. | + 2°. | + 4°. | + 6°. | + 8°. |
| 1904-1913 ..... | —4 | +6 | +2 | —1 | —1 | 0 | +1 | +8 | +23 |
| 1923-1932 ..... | +2 | +3 | +2 | 0 | —2 | —3 | +4 | +6 | +21 |

On voit qu'aux températures supérieures d'au moins 4° à la moyenne de l'époque la mortalité est plus grande que ne l'indique la formule linéaire et que cet excès s'accroît considérablement quand l'excès de température augmente. En corrigeant au moyen de la petite table ci-dessus les chiffres de mortalité pour une température de 10° primitivement trouvés (la correction ne dépasse dans aucun cas 7 pour 100), on obtient finalement, pour les deux périodes de dix ans, les chiffres portés aux colonnes 1 et 2 du tableau qui suit :

*Nombres de décès en une semaine réduits à la température de 10° et à $10^6$ habitants.*

| Époque de l'année. | 1904-1913 (décal. 3 sem.) 1. | 1923-1932. (décal. 3 sem.) 2. | 1923-1932 (décal. 1 sem.) 3. |
|---|---|---|---|
| 15 janvier | 57 | 51 | 45 |
| 12 février | 63 | 54 | 54 |
| 12 mars | 64 | 49 | 50 |
| 9 avril | 57 | 44 | 48 |
| 7 mai | 55 | 41 | 46 |
| 4 juin | 54 | 37 | 42 |
| 2 juillet | 48 | 32 | 32 |
| 30 juillet | 33 | 28 | 23 |
| 27 août | 30 | 25 | 22 |
| 24 septembre | 40 | 32 | 29 |
| 22 octobre | 46 | 34 | 31 |
| 19 novembre | 46 | 39 | 34 |
| 16 décembre | 54 | 45 | 37 |

Dans tout ce qui précède, la température n'est pas celle de la semaine où les décès sont constatés, mais celle de l'antépénultième semaine. La mortalité au cours d'une semaine dépend en effet des températures qui se sont succédé depuis un certain temps. Les premières recherches de l'auteur avaient paru indiquer que la corrélation entre la mortalité et la température était maxima pour un intervalle de 3 semaines. Un examen plus approfondi des deux périodes de 10 ans conduit à réduire cet intervalle à 1 semaine. En conséquence, tout le travail a été refait pour les 10 années 1923-1932 en rapportant les chiffres de mortalité à la température de la semaine précédente. Les résultats sont donnés dans la colonne 3 du tableau. Ils ne diffèrent pas beaucoup de ceux qui avaient été obtenus, avec un décalage de 3 semaines, entre la température et la mortalité.

En définitive, l'influence propre de la saison sur le nombre de décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration, à Paris, est représentée par une courbe très simple, qui passe par son maximum en février-mars et par son minimum en août. A elle seule, cette influence fait varier la mortalité plus que du simple au double.

BOTANIQUE. — *Sur la structure caractéristique du bulbe chez les Scilles de la section* Euscilla *Chd.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. L. Blaringhem.

Depuis plusieurs années, l'étude des bulbes des Scillées m'a montré que leur structure et leur développement fournissaient les meilleurs caractères pour la classification ([1]). En voici un exemple nouveau :

Parmi les Scilles du Jardin botanique de Kew (Angleterre), les trois suivantes, *Scilla messenica* Boiss., une race de *S. bithynica* (Boiss.), et *S. Hohenackeri* Fish. et Mey., quoique bien distinctes, présentent en commun des caractères importants :

les racines sont simples, non ramifiées, renouvelées chaque année;

les bulbes ne sont enveloppés que d'un très petit nombre d'écailles sèches et mortes. Durant toute leur vie, les écailles gardent presque la même hauteur, puis meurent et disparaissent rapidement, du sommet à la base;

les écailles fraîches sont bien appliquées. Elles sont modérément embrassantes, n'entourant que la moitié environ de la circonférence du bulbe. Les plus jeunes sont plus embrassantes; le limbe qui les surmonte forme un long fourreau à bords recouvrants. Les bords des écailles sont droits, c'est-à-dire qu'ils se terminent, à la base, perpendiculairement au bord du plateau;

chaque année, après la floraison, il se produit une à trois écailles sans limbe, de plus en plus petites; puis, au printemps suivant, des écailles porteuses de limbe, en commençant par la plus grande. Les écailles tubérisées, même anciennes, ont des poids qui se succèdent dans le même ordre de grandeur relative. La proportion des écailles sans limbe est toujours élevée : il y en a une pour deux ou trois feuilles vertes. Au total, chaque bulbe est formé par les bases tubérisées des dernières feuilles et par les écailles formées pendant les deux années précédentes au moins;

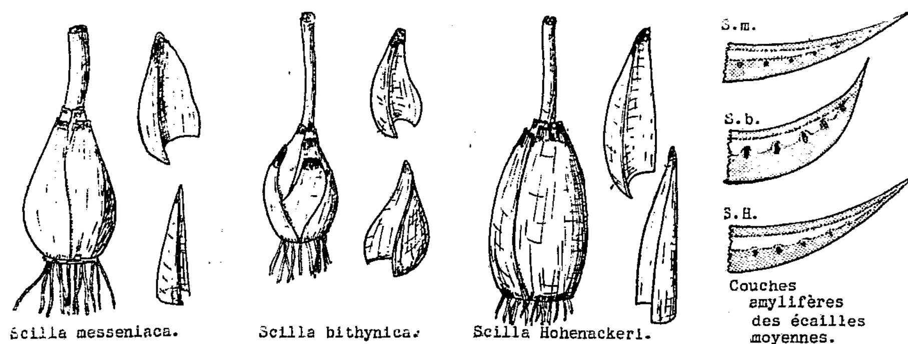
enfin, la hampe florale fléchit sous le poids des capsules mûres; et les bractées florales sont toujours petites, souvent tronquées, entières, bilobées ou bifides.

---

([1]) P. Chouard, *Ann. des Sc. nat., Bot.*, 10e série, 8, 1927, p. 299, et 13, 1931, p. 131; *Thèse*, Paris, 1930; *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 74.

Tous ces caractères sont précisément ceux que j'avais déjà notés comme possédés en commun par les *Scilla bifolia* L., *sibirica* Andr., *amoena* L., et *cilicica* Siehe. Sur leur constante corrélation dans ces quatre espèces, j'avais établi la diagnose de la section révisée *Euscilla* Chd., et j'avais moi-même indiqué, d'après ce que l'on pouvait en voir en herbier, que *S. messeniaca* devait appartenir à la même section ([1]), ce que l'observation sur le vif a bien confirmé.

En 1933, M^lle V. Galap a montré qu'un autre caractère de la section *Euscilla*, telle que je l'entends, est fourni par la répartition de l'amidon dans les écailles ([2]) : il est situé en deux couches pluricellulaires, séparées par un intervalle de plusieurs rangées de cellules sans amidon. Les trois




Aspect du bulbe, d'une écaille sans limbe et d'une écaille foliifère de la région moyenne du bulbe, chez les trois Scilles étudiées ici. A droite, coupes montrant la répartition de l'amidon, figuré en grisé.

Scilles que je viens d'examiner présentent aussi ce caractère de la manière la plus typique.

Les flores n'ont mentionné, jusqu'ici, que les caractères de la fleur ou de l'inflorescence qui permettent de bien distinguer entre elles les espèces. Mais en voulant se fonder sur les mêmes caractères pour faire la diagnose des genres et des sections, la plupart des auteurs ont été amenés à des rapprochements artificiels : ainsi J. G. Baker ([3]) rapproche-t-il *S. Hohenackeri*, plante d'Orient, des *Endymion* atlantiques à cause des bractées bifides de l'une et des longues bractées doubles des autres.

Au contraire, l'ensemble des caractères de structure et de dévelop-

---

([1]) P. Chouard, *Bull. du Mus.*, 2^e série, **2**, 1930, p. 698.
([2]) *Ann. des Sc. nat.*, *Bot.*, 10^e série, **15**, 1933, p. 307.
([3]) J. G. Baker, *The Journ. of the Linn. Soc.*, *Bot.*, **13**, 1872 (1873), p. 209.

pement du bulbe, associés chez ces espèces avec constance, confère une valeur réelle aux nouveaux rapprochements systématiques que j'ai faits. Ils trouvent leur justification, non seulement dans les hybridations déjà réussies entre celles des espèces d'une même section que je possédais vivantes, mais encore dans la commune origine géographique de tous les représentants d'une même section. C'est ainsi que les trois nouvelles Scilles étudiées ici proviennent, comme les autres *Euscilla*, du domaine oriental : Balkans, Attique, Asie Mineure, Turkestan, Perse.

Ces résultats confirment donc la portée très générale de la méthode de classement des plantes bulbeuses d'après les caractères végétatifs du bulbe, méthode que j'ai préconisée depuis plusieurs années.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Caractérisations chimiques des alcaloïdes volatils émis par la Ciguë*. Note de MM. **J. Chaze** et **M.-M. Janot**, présentée par M. Molliard.

L'un de nous a montré, au point de vue histochimique, que la Ciguë (¹) comme le Tabac (²) pouvait dans certaines conditions rejeter une partie de ses alcaloïdes à la face externe de l'épiderme, sous forme de gouttelettes, qui étaient ensuite volatilisées dans l'atmosphère. Une expérience ultérieure (³) avait apporté la vérification de ce phénomèue en ce qui concerne le Tabac. Les résultats que nous présentons ici ont trait à la Ciguë. Nous sommes parvenus à recueillir les alcaloïdes volatils exsudés par cette plante et à les caractériser, au point de vue chimique, d'une façon précise.

L'appareillage que nous avons mis en œuvre est assez semblable à celui que nous avons utilisé pour le tabac, et que nous avons déjà décrit. Toutefois nous y avons apporté les modifications suivantes : le chauffage de la cloche a été complété par l'adjonction d'une résistance électrique avec rhéostat (lampe à filaments de charbon entourée d'un manchon d'amiante et placée à l'intérieur de la cloche). Ce chauffage supplémentaire n'a été utilisé que lorsque l'eau d'évaporation se condensait trop intensément sur les parois de la cloche. On a pu ainsi réaliser pendant le jour une température variant entre 30 et 35°. Le chauffage était interrompu

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1148.
(²) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 837.
(³) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1268.

pendant la nuit, mais la circulation d'air était maintenue avec toutefois une intensité plus faible.

Les deux barboteurs de sortie contenaient chacun $10^{cm^3}$ d'iodobismuthate de potassium (réactif de Dragendorff) déjà utilisé par l'un de nous [1] pour les préparations galéniques de Ciguë. Un examen histochimique des épidermes, avec les réactifs alcaloïdaux appropriés, nous avait permis de constater que la teneur alcaloïdale à l'intérieur des éléments anatomiques était faible; que l'exsudation se manifestait seulement au niveau de l'ostiole de quelques rares stomates, et avec peu d'intensité (les plantes atteignaient $15^{cm}$ de longueur). Dans son ensemble, le phénomène était extrêmement réduit par rapport à celui que nous avions mis en évidence dans les plantes adultes en voie de floraison ou de fructification.

Le semis de Ciguë fut alors introduit sous la cloche et l'appareillage entra en marche le 7 mai; le lendemain, le réactif de Dragendorff contenu dans le premier barboteur présentait un trouble dû à une légère hydrolyse, trouble qui disparut les jours suivants, la solution étant alors homogénéisée. Le 14 mai, l'expérience prit fin. Nous avons alors procédé aux observations suivantes : une goutte de la solution du premier barboteur examinée au microscope présentait des cristaux de forme et de couleur diverses qu'il importait alors de séparer et de caractériser. A cet effet, les solutions contenues dans chacun des laveurs sont placées séparément dans un cristallisoir et concentrées dans le vide en présence d'acide sulfurique et de pastilles de potasse, répartis en deux récipients. Dès que la cristallisation est abondante, on sépare les eaux mères des cristaux.

Le magma cristallin issu du premier barboteur, examiné au microscope, présente entre autres cristaux quelques prismes rouge foncé, alors que celui provenant du deuxième barboteur n'en contient pas. On reprend par l'acétate d'éthyle dans lequel les cristaux rouges se dissolvent et l'on procède à une cristallisation fractionnée. Après trois opérations, le résidu obtenu est traité par l'éther et il demeure quelques prismes rouge foncé, insolubles, très bien cristallisés, que l'on sépare à la spatule. Ils sont en tout point identiques à ceux d'iodobismuthate de conine obtenus à partir du bromhydrate de conine cristallisé. Des microphotographies comparées des produits des deux origines montrent que les angles sont superposables.

Tous les résidus cristallins, *colorés*, obtenus soit spontanément, soit par évaporation à siccité des eaux mères sont réunis et entraînés par de la

---

[1] *Bull. Sciences pharmacologiques*, 36, x, 1929, p. 529.

soude dans un petit ballon tubulé. On distille avec précaution et l'on recueille soigneusement les premières gouttes provenant de la condensation de la vapeur d'eau. Ce liquide possède l'odeur vireuse caractéristique de la conine, donne une réaction nettement alcaline, se colore en rose rouge par la solution diluée de nitroprussiate de sodium. Les acides silicotungstique et chloroplatinique ne donnent pas de précipité, la concentration en alcaloïdes étant insuffisante.

Par cet ensemble de réactions, nous pensons avoir démontré que le réactif utilisé a fixé un alcaloïde volatil à l'état d'iodobismuthate dont la forme cristalline, la couleur, les solubilités dans l'éther et l'acétate d'éthyle et les réactions, sont identiques à celles de l'iodobismuthate de conine.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La résistance individuelle des microorganismes et particulièrement des levures aux radiations ultraviolettes.* Note de M. **J. Beauverie**, présentée par M. Molliard.

Si l'action des radiations ultraviolettes s'exerçant sur des microorganismes très divers, champignons ou bactéries, n'a pas été suffisante pour produire la mort, on remarque que les ensemencements d'épreuve donnent des colonies retardataires et moins nombreuses par rapport au témoin; leur apparition s'échelonne dans le temps. Ces faits nous ont fait préjuger d'une résistance individuelle des cellules. Pour le vérifier, il fallait réaliser des conditions expérimentales telles que toutes les cellules reçoivent une égale quantité d'énergie au cours de l'irradiation, dans un milieu dont la faculté d'absorption des rayons soit négligeable. M. Ed. Gilles et Mlle Lafay ont réalisé, dans un autre but, un dispositif qui s'approche de ces conditions (1); nous avons employé une technique plus simple et qui nous paraît atteindre le but poursuivi; à savoir : les organismes étalés sur une seule épaisseur dans un milieu dont l'absorption n'est pas sensible. Nous nous sommes servi du *Saccharomyces cerevisiæ*, préférable aux bactéries employées par Gates (2) à cause de leur taille et de leur plus grande complexité cytologique.

On part de jeunes cultures sur moût de bière gélosé; on fait une émul-

(1) E. Gilles et Mlle A. Lafay, *C. R. Soc. de Biologie*, 116, 1934, p. 1115-1119.

(2) F. L. Gates, *Science*, 114, 1933, p. 350. Voir aussi Holweck et Lacassagne, *Soc. de Biol.*, 111, 1931, p. 814.

sion assez diluée dans l'eau ordinaire et, avec celle-ci, des préparations sous lamelle de cellophane; il est facile de vérifier sous le microscope que l'on n'a qu'une seule épaisseur de cellules et la couche d'eau est tellement mince que l'absorption en est négligeable. Nons insisterons ailleurs sur tous les services que peut rendre la lamelle de cellophane pour l'irradiation aux rayonnements ultraviolets. On sait qu'elle est traversée par les rayons jusqu'aux très courtes longueurs d'ondes (2500 Å) et laisse donc passer les rayons abiotiques. De plus, les préparations ainsi faites peuvent être directement observées au microscope même avec immersion. On peut conserver ces préparations vivantes sous cloche à atmosphère saturée d'humidité. Les numérations d'individus sont faciles.

Nous avons répété plusieurs fois l'expérience suivante avec des variantes :

On fait, par exemple, 10 préparations sous cellophane; une servira de témoin et sera conservée sous cloche humide; 8 d'entre elles seront soumises à l'irradiation, 4 pendant 3 minutes, 4 pendant 30 secondes, 1 pendant 5 minutes.

Nous nous servons d'une lampe Gallois à vapeur de mercure, à haute tension (400 watts, 15000 volts), la préparation étant à $30^{cm}$ des brûleurs; l'émission des rayons infrarouges y est très réduite.

Ensuite, on fait l'ensemencement d'épreuve sur moût de bière gélosé à surface inclinée en tube à essai; pour cela, on prélève un öse (toujours le même) respectivement dans une préparation de 3 minutes, dans une de 30 secondes, dans celle de 5 minutes; enfin, un tube est ensemencé avec l'émulsion de départ, il servira de témoin. Pour l'ensemencement, l'öse sert à prendre l'émulsion (on enlève la lamelle de cellophane et l'on applique l'öse sur l'émulsion); on l'agite dans le moût de bière liquide du fond du tube, on penche celui-ci pour promener le liquide ensemencé sur toute la surface de la gélose. On met ces tubes à l'étuve à 24°, tandis que les préparations restantes, destinées à des observations ultérieures, sont placées sous cloche humide. Toutes les levures étaient tuées pour 5 minutes d'exposition; avec 30 secondes, on observe un départ de colonies avec un retard sur le témoin; avec 3 minutes, le retard est plus grand. Tandis que les colonies sont nombreuses chez le témoin, elles le sont moins pour 30 secondes et bien moins pour 3 minutes. Les résultats sont comparebles, puisqu'on a ensemencé dans chaque tube une quantité sensiblement égale de cellules. Les différences sont très nettes.

Des cellules ont donc été tuées, puisque le nombre des colonies reste constamment inférieur à celui du témoin; il y a eu, d'autre part, des

cellules seulement retardées dans leur développement puisque des colonies apparaissent avec un retard qui est d'autant plus grand que l'irradiation a été plus longue. Des cellules ont, en somme, subi une période de latence avant de reprendre leur végétation. Cette période de latence présente un intérêt particulier; c'est ce qui la caractérise? C'est évidemment l'arrêt du bourgeonnement, ce sont aussi des modifications de l'état structural de la matière vivante. Pour les observer, parallèlement aux constatations macroscopiques, nous avons fait des observations microscopiques à l'aide des préparations conservées sous cloche humide : chaque jour, en même temps que nous opérions la numération des colonies dans les tubes de culture, nous ajoutions aux préparations du liquide de Ruszicka qui permet de distinguer les cellules mortes (bleues par le bleu de méthylène) et vivantes (vacuole rouge par le rouge neutre). La proportion des cellules vertes et rouges est bien celle des colonies; de plus, parmi les cellules rouges (vivantes), on en voit qui ont conservé leur structure normale; elles donneront les premières colonies; les cellules à vacuoles plus ou moins déformées, les cellules à cytoplasme de plus en plus granulisé, donneront des départs plus tardifs, etc. Nous nous sommes assuré que le Ruszicka n'a pas une action sensibilisante sur les cellules ayant subi l'action des rayons ultraviolets. Le fait de conserver les préparations dans l'eau sous cellule en cloche humide n'altère pas leur vitalité. La sporulation s'effectue même dans ces conditions au bout de 4 ou 5 jours.

Nous concluons : Il y a résistance individuelle plus ou moins grande des cellules de levures (et d'autres microorganismes) à l'action des rayons ultraviolets; elle se manifeste : par l'inhibition de la faculté de multiplication, qui constitue le premier effet décelable; par une altération de la structure qui peut être insuffisante pour déterminer la mort et se trouve en quelque sorte réversible. Comme Gates l'a montré pour des bactéries, le résultat négatif d'un ensemencement d'épreuve ne prouve pas la mort des cellules ensemencées, mais seulement la perte de la faculté de multiplication, laquelle peut n'être que temporaire. A cette période de latence dans le développement correspondent des modifications structurales.

CHIMIE AGRICOLE. — *Présence de l'alcool méthylique dans les alcools de vin, de marc et de fruit.* Note [1] de M. **Michel Flanzy**, présentée par M. Paul Sabatier.

A. Trillat [2] conclut à la non-existence de $CH^3OH$ dans les alcools de vin. J. Wolff [3] précise que les alcools de marc et les alcools de fruit en renferment. Al. Ionesco-Matiu et Popesco [4] signalent « la présence normale de $CH^3OH$ en quantités plus ou moins accentuées dans beaucoup de boissons et spiritueux ». Ces travaux reposent sur des méthodes colorimétriques dont l'insuffisance a été démontrée [5]. D'ailleurs on admet encore que la présence de $CH^3OH$ dans les alccols de vin est révélatrice d'une addition frauduleuse.

J'ai repris ces recherches en appliquant la nouvelle méthode de microdosage de $CH^3OH$ [6] à l'analyse d'échantillons d'origine parfaitement connue. Les alcools de vin sont classés en plusieurs catégories.

*Eaux-de-vie et trois-six de vin.* — Les 10 échantillons d'eau-de-vie et les 20 échantillons de trois-six analysés renferment tous de l'alcool méthylique. Les quantités varient du simple au double, mais elles sont toujours inférieures à 1000^mg^ par litre. Les trois-six sont généralement un peu plus riches en $CH^3OH$ que les eaux-de-vie, cette observation est tout à fait générale et s'applique aux autres catégories d'alcool.

J'appelle *indice méthylique* M la quantité de $CH^3OH$ dosé, exprimée en milligrammes et par litre d'alcool. On voit que les eaux-de-vie et trois-six de vin sont caractérisés par un indice inférieur à 1000.

*Eaux-de-vie et trois-six de marc.* — Les 8 échantillons d'eau-de-vie et les 12 échantillons de trois-six analysés renferment $CH^3OH$. Les quantités varient également du simple au double, mais elles sont toujours supérieures à 1000^mg^ par litre. Elles atteignent et dépassent parfois 2000^mg^. Ces alcools se caractérisent par un indice méthylique M compris entre 1000 et 2000.

*Trois-six de piquette.* — Les 15 échantillons analysés renferment tous $CH^3OH$. Les quantités sont très variables. Toujours supérieures à 1000^mg^

---

(1) Séance du 28 mai 1934.

(2) *Comptes rendus*, **128**, 1899, p. 438.

(3) *Comptes rendus*, **131**, 1900, p. 1323.

(4) *Journ. Pharm. Chimie*, 8^e^ série, **12**, 1930, p. 63.

(5) L. Semichon et M. Flanzy, *Ann. Fals.-Fraudes*, **24**, 1931, p. 80.

(6) M. Flanzy, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 94.

par litre, elles sont généralement voisines de 2000$^{mg}$. Dans un cas, j'ai trouvé près de 4000$^{mg}$ de $CH^3OH$.

L'indice méthylique M est voisin de 2000.

Les échantillons précédemment analysés proviennent du département de l'Aude, mais de régions différenciées par leur constitution géologique et leur climat. Les vins qui les ont produits proviennent des cépages suivants : Carignan, Aramon, presque en totalité; et en partie des cépages Grenache, Morastel, Terret.

*Eaux-de-vie de cognac.* — Les 10 échantillons de marque : Hennessy, Martell et Boulestin, et les 3 échantillons de propriétaire analysés renferment tous $CH^3OH$. Mais alors que la quantité variait de 300 et 400$^{mg}$ par litre, pour les échantillons de marque, elle atteignait 500 et 800$^{mg}$ pour les échantillons de propriétaire et 1500$^{mg}$ pour un échantillon d'eau-de-vie de piquette. Leur indice méthyllique est tout à fait comparable à l'indice des eaux-de-vie de vin du département de l'Aude.

Les vins qui les produisent proviennent du cépage « Folle-Blanche ».

*Eaux-de-vie d'Armagnac.* — Les 4 échantillons de propriétaire provenant du canton de Lectoure et les 8 échantillons de marque (Clos des Ducs) analysés renferment tous $CH^3OH$. La quantité est voisine de 500$^{mg}$ par litre pour les échantillons de marque. Légèrement supérieure pour les quatre autres elle varie de 600 à 800$^{mg}$ par litre. L'indice méthylique M est comparable à l'indice de l'eau-de-vie de vin.

Les eaux-de-vie de propriétaire proviennent d'un mélange, à parties inégales de vins de Folle-Blanche 4/5 et de vins d'Hybride Othello et Noah, 1/5.

*Eaux-de-vie de fruits.* — Les échantillons sont originaires d'Alsace et comprennent 4 échantillons de kirsch des Vosges, 3 échantillons de mirabelle d'Alsace et 2 échantillons de quetsche d'Alsace. Tous renferment $CH^3OH$ et la quantité varie de 1200 à 1600$^{mg}$. Elle est bien inférieure aux quantités trouvées par Wolff dans les alcools de quetsche et de mirabelle. Leur indice méthylique M est voisin de celui des eaux-de-vie de marc.

*Eaux-de-vie de cidre.* — Les analyse sont porté sur 11 échantillons d'eau-de-vie de cidre, dont 6 échantillons de propriétaire récoltant et 5 échantillons de distillerie, tous originaires du Calvados. Tous renferment $CH^3OH$ en quantité très variable; mais alors que celle-ci varie de 750 à 1600$^{mg}$ pour les échantillons de propriétaire, elle varie de 300 à 1200$^{mg}$ par litre, pour les échantillons de distillerie. L'indice méthylique M varie sensiblement; on peut lui attribuer une valeur moyenne de 1000.

*Eaux-de-vie de poiré.* — Trois échantillons originaires du Calvados ren-

ferment également de l'alcool méthylique; les quantités varient de 660 à 750$^{mg}$ par litre.

*Eaux-de-vie de marc de cidre.* — Je n'ai pu me procurer que deux échantillons provenant du Calvados. Les quantités de $CH^3OH$ atteignent 5900 et 6300$^{mg}$ par litre. L'indice méthylique M est particulièrement caractéristique puisqu'il est voisin de 6000.

En résumé, *tous les alcools de vin et de fruit renferment naturellement de l'alcool méthylique.*

Ces résultats montrent que, pour une même variété de fruit, la nature du terrain, le climat et le cépage n'influencent pas sensiblement l'indice méthylique, qui varie essentiellement d'une catégorie d'alcool à l'autre.

Il constitue une donnée analytique nouvelle permettant de distinguer nettement les différentes catégories d'alcool.

PHYSIOLOGIE. — *L'utilisation digestive comparée des matières albuminoïdes chez diverses espèces animales.* Note de M^lle **Paule Lelu**, présentée par M. d'Arsonval.

Bien qu'extrêmement nombreuses, les déterminations du coefficient d'utilisation digestive des protéines n'ont point encore résolu la question de savoir si toutes les espèces animales utilisent, à un même degré, un même aliment protéique. Une observation relevée dans un travail de Terroine et M^lle Reichert [1] nous a amenée à penser qu'il pouvait bien n'en pas être ainsi : pour une alimentation presque identique (betterave ou salade, avec pommes de terre et son) le coefficient d'utilisation digestive est de 57, 69 et 74 chez le lapin, et de 90 et 91 chez le porc. Le porc semblerait avoir une utilisation digestive supérieure à celle du lapin.

Nous avons donc essayé de comparer systématiquement l'utilisation digestive de diverses matières albuminoïdes sur plusieurs espèces animales choisies parmi les représentants des principaux types physiologiques : omnivore (porc et rat), carnivore (chien), herbivore (lapin).

Les expériences ont toujours comporté trois périodes, chacune d'une durée de 5 à 7 jours : prépériode d'alimentation glucidique; période fondamentale d'alimentation azotée avec la protéine étudiée; postpériode glucidique.

---

(1) *Arch. Internat. Physiol.*, 32, 1930, p. 391-415.

A tous les animaux, les aliments ont été administrés sous forme de bouillies, en une ration de composition toujours identique, apportant même nombre de calories, même quantité d'azote, de substances minérales et de vitamines, et ayant même teneur en eau.

Utilisant une technique, qui sera décrite dans un prochain Mémoire, il a été déterminé au cours de chaque période l'azote ingéré et l'azote absorbé.

A l'aide des valeurs obtenues, on a calculé tout d'abord le *coefficient brut* d'après la formule classique

$$\frac{\text{N ingéré} - \text{N rejeté}}{\text{N ingéré}} \times 100$$

et le *coefficient réel* d'après une nouvelle formule que nous proposons. Cette dernière tient compte non seulement de l'azote fécal métabolique, comme le veulent Mendel et Fine [1], mais aussi de l'azote accessoirement ingéré lors de l'alimentation glucidique. Elle est la suivante :

$$\frac{\overbrace{(\text{N ingéré protidique} - \text{N ingéré glucidique})}^{\text{N ingéré.}} - \overbrace{(\text{N fécal protidique} - \text{N fécal glucidique})}^{\text{N fécal.}}}{\underbrace{\text{N ingéré protidique} - \text{N ingéré glucidique}}_{\text{N ingéré.}}}$$

La publication de toutes nos données expérimentales sera faite dans un Mémoire plus étendu. Nous nous contentons de donner ci-dessous quelques résultats à titre d'exemples :

| | Lait. Coefficients. | | Farine de Pois. Coefficients. | | Farine de Seigle. Cofficients. | | Farine de Soja. Coefficients. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | brut. | net. | brut. | net. | brut. | net. | brut. | net. |
| Porc...... | 91,3 | 96,7 | 91,3 | 95,9 | 88,9 | 94,2 | 85,5 | 89,6 |
| Chien..... | 85,4 | 95,4 | 63,4 | 79,4 | 61,5 | 71,9 | 58,7 | 80,6 |
| Rat....... | 80,0 | 96,4 | 54,9 | 77,1 | 62,2 | 65,6 | 44,9 | 68,6 |

Les nombreuses expériences entreprises sur le lapin n'ont pas abouti à des résultats concluants, cet animal supportant très mal l'alimentation offerte. Toutefois, lorsque exceptionnellement il s'y adapte, on peut obtenir des coefficients voisins de ceux ci-dessus rapportés.

Des observations faites, on peut dégager les conclusions suivantes :

1° *Variation de l'utilisation digestive en fonction de l'espèce animale.* —

(1) *Journal of biol. Chem.*, 10, 1911, p. 303-326.

Le porc, espèce omnivore par excellence, présente des coefficients nettement supérieurs à ceux des autres espèces. Toutefois dans le cas du lait, Porc, Chien et Rat ont une utilisation digestive réelle tout à fait comparable. Pour les farines, le Chien vient après le Porc; puis vient le Rat avec des coefficients plus bas.

On peut imaginer que les différences interspécifiques d'utilisation digestive pour un même aliment sont dues, soit à une activité plus ou moins grande des sucs digestifs, soit à une différence dans la vitesse relative de la traversée digestive. Dans cet ordre d'idées, aucune conclusion précise ne peut être actuellement formulée.

2° *Valeur comparée de la digestibilité des matières protéiques étudiées.* — Le lait est l'aliment qui présente, en général, l'utilisation digestive la meilleure. Néanmoins, chez le Porc, on obtient des coefficients presque aussi élevés avec les farines de Pois et de Seigle. Chez les autres espèces, la farine de Pois se classe après le lait; viennent ensuite celles de Seigle et de Soja. Le classement auquel on aboutit est d'ailleurs le même pour toutes les espèces; seuls les écarts entre les coefficients sont plus ou moins grands; l'intervalle entre les valeurs extrêmes grandit quand on passe du Porc au Chien, puis au Rat.

PHYSIOLOGIE. — *Augmentation de la radio-résistance des protozoaires par la lécithine en solution colloïdale.* Note de MM. **B.-S. Levin** et **C. Piffault**, présentée par M. Achard.

L'un de nous, en collaboration avec I. Magat ([1]) et Iwo Lominski ([2]) a montré que, dans certaines conditions d'expérimentation la lécithine possédait une action antilytique, en particulier vis-à-vis de la saponine et du bactériophage.

La mort immédiate des Paramécies sous l'influence des rayons X s'accompagnant dans les conditions habituelles d'une lyse prononcée de ces protozoaires ([3]), nous avons voulu voir si celle-ci pouvait être également empêchée ou retardée par la présence de lécithine.

---

([1]) B.-S. Levin et I. Magat, *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 142; 115, 1934, p. 1491; 115, 1934, p. 1619.

([2]) B.-S. Levin et Iwo Lominski, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 989; *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 1220.

([3]) A. Dognon et C. Piffault, *Revue d'Actinologie*, 6, v, 1931, p. 575.

Pour nos expériences nous avons utilisé un tube spécial démontable [1], établi pour les recherches biologiques et capable de fournir de grandes énergies roentgéniennes, amenant en quelques minutes la mort des paramécies. Les rayons ont été émis par une anticathode de chrome à travers une fenêtre d'aluminium de 15$^{\mu}$ d'épaisseur sous tension de 12000 volts, et l'échauffement de la préparation a été évité grâce au refroidissement des parois du tube et de l'anticathode par circulation d'eau.

Différentes souches de *Paramæcium aurelia*, cultivées sur extrait de laitue, ont été employées. Chaque irradiation a été pratiquée dans des petites cuvettes de 1$^{mm}$ d'épaisseur, en goutte pendante renfermant au moins 30 individus.

Avec les caractéristiques indiquées ci-dessus, le temps de mort immédiate des témoins était de 13 minutes, quand l'intensité traversant le tube atteignait 15 mA. Elle montait à 19 minutes si l'intensité n'était que de 10 mA, et s'élevait à 65 minutes pour 3 mA. Ces chiffres sont des moyennes, basées sur de nombreuses expériences.

Les animaux d'épreuve étaient placés dans des dilutions différentes de lécithine colloïdale préparée à partir de jaune d'œuf et à l'abri de l'air. La solution mère tyndalisée était composée ainsi :

| | |
|---|---|
| Lécithine exempte de cholestérine .................. | 10$^{g}$ |
| Glycérine purifiée .................................. | 8$^{g}$ |
| Eau bidistillée ..................................... | 82$^{cm^3}$ |

Toute préparation dont la concentration en lécithine était supérieure à 1/200$^{e}$ se montra toxique. Aussi n'en avons-nous utilisé que de plus étendues, nous limitant arbitrairement au taux de 1 pour 1000.

Au début la préparation lactescente était parcourue par des paramécies d'aspect normal. Mais progressivement le milieu s'éclaircissait, tandis que les infusoires prenaient une teinte plus foncée en ralentissant leurs mouvements. Puis ils reprenaient peu à peu leur transparence et leur mobilité habituelle.

La faible absorption du rayonnement par la lécithine dans la solution était insuffisante pour apporter des modifications appréciables aux résultats obtenus, qui tous montraient une augmentation de la radio-résistance chez les sujets lécithinés.

---

(1) A. Dognon et C. Piffault, *Arch. d'Électricité médicale*, 41, 587, 1933, p. 195.

Deux facteurs importants nous ont paru conditionner cette augmentation dans les conditions où nous avons expérimenté : 1° la durée de contact des paramécies avec la lécithine avant l'irradiation; 2° la concentration de la lécithine dans le milieu.

En effet, les animaux mis dans une solution contenant de la lécithine à 1/400ᵉ et irradiés immédiatement présentaient, par rapport aux témoins soumis au même rayonnement, une survie de 15 pour 100, alors que celle-ci atteignait 80 pour 100 si le milieu contenait 1/300ᵉ de lécithine.

Après 3 jours de contact avec une solution lécithinée au 1/600ᵉ les paramécies ne mouraient qu'après avoir reçu une dose trois fois et demie supérieure à celle nécessaire pour tuer les témoins. La même culture continua à montrer un comportement identique encore pendant 8 jours, et il en était de même pour toute autre culture, dont la concentration en lécithine restait dans les limites que nous avons choisies (de 1/300ᵉ à 1/1000ᵉ).

Peu à peu la différence de résistance entre les animaux lécithinés et les témoins baissait à mesure que le milieu se clarifiait et après 22 jours de contact les paramécies lécithinées n'avaient plus que 30 pour 100 de résistance supplémentaire.

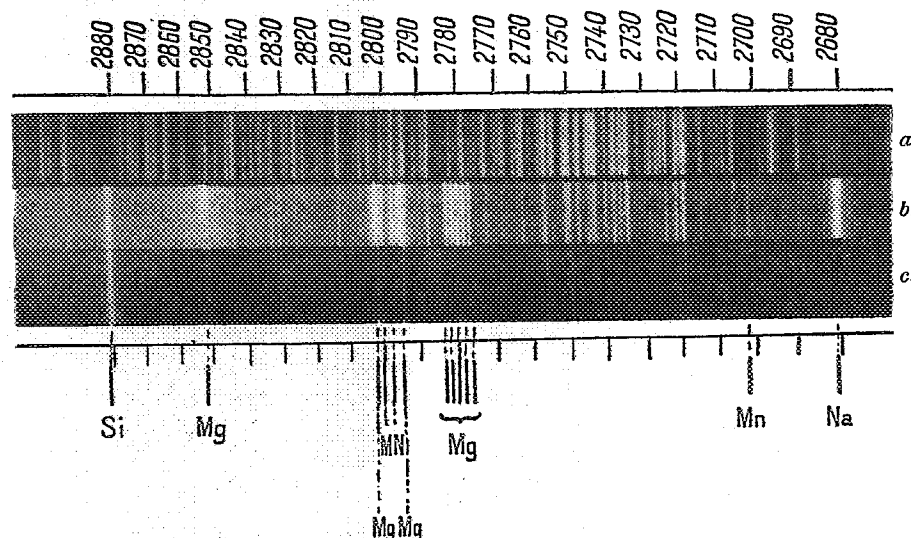
Les paramécies irradiées ne montraient pas seulement une augmentation de la résistance vis-à-vis de l'action des rayons X, mais aussi leur comportement était différent de celui des témoins. Ceux-ci présentaient d'abord un aspect normal, puis après un stade d'excitation avec mouvements de va-et-vient, éclataient sans rien garder de leur structure primitive à un point, tel que souvent ils étaient comme pulvérisés. Les paramécies lécithinées, au contraire, mouraient en gardant leur structure habituelle.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude spectrographique de la bile de bœuf*. Note (¹) de MM. **Cl. Gautier** et **R. Ricard**, présentée par M. Ch. Achard.

L'examen spectrographique des tissus et des liquides de l'homme, des animaux et des plantes n'est encore qu'à ses débuts. En outre, lorsqu'on saura, par ce procédé, pratiquer des dosages précis, une grande simplifica-

(¹) Séance du 23 mai 1934.

tion des méthodes de laboratoire aura été réalisée, et un immense progrès deviendra possible dans beaucoup de questions encore obscures de la biologie. Mais il importe d'abord de réunir des documents. Le présent travail a pour sujet l'examen spectrographique qualitatif de la bile de bœuf. On en rapprochera les résultats de ceux fournis à divers auteurs par les méthodes




*a*, spectre de comparaison, arc au fer; *b*, électrodes C + substance 15 amp., 1 minute; *c*, électrodes *c* seules. 15 amp., 1 minute.

| | | |
|---|---|---|
| Na : | 2680,5 | raie intense, diffuse. |
| Mn : | 2704,0 | raie caractéristique. |
| | 2794,9 | difficilement visible sur cette reproduction à cause de la raie intense 2796,6 du Mg. |
| | 2798,3<br>2801,1 | raies intenses, caractéristiques. On les retrouve dans le spectre d'arc du fer qui sert de spectre de comparaison. |
| Mg : | 2776,8<br>2778,4<br>2779,9<br>2781,5<br>2783,1 | Ce groupe de 5 raies, absolument caractéristique, indique la présence d'une assez grande quantité de magnésium. |
| | 2796,6<br>2802,9<br>2852,2 | Ces trois raies sont les plus intenses du spectre du Mg, elles se prolongent dans le spectre des électrodes; celles-ci en effet contiennent un peu de Mg; la différence considérable d'intensité dans les deux spectres ne laisse aucun doute sur la présence du Mg. |
| Si : | 2881,7 | raie aussi intense dans les deux spectres. |
| Fe : | | nombreuses raies, moins intenses dans le spectre des électrodes seules. |

chimiques, longues et délicates lorsqu'elles s'appliquent à la recherche de substances n'existant parfois qu'à l'état de traces.

*Technique*. — Les vésicules, le canal lié, sont apportées au laboratoire

aussitôt après l'abatage. Avec une pointe de ciseaux, on pique la paroi et l'on fait jaillir un peu de bile qu'on rejette. Puis, dans une éprouvette bien nettoyée à l'acide chlorhydrique pur, concentré, et ensuite à l'eau distillée, on récolte $10^{cm^3}$ de bile qu'on verse dans une capsule de platine de $60^{cm^3}$ convenablement préparée. La capsule un peu inclinée sur un triangle en terre de pipe est chauffée latéralement, à peu près à hauteur du niveau du liquide, ce qui permet d'évaporer la bile sans formation de mousse, facilement débordante. On calcine à cendres noires, en évitant l'inflammation des fumées dégagées vers la fin de l'opération.

L'examen est pratiqué dans l'arc au carbone. Les électrodes ont été purifiées par un long séjour dans l'acide chlorhydrique concentré, suivi d'un lavage prolongé à l'eau distillée; sur le même cliché on juxtapose : 1° le spectre des électrodes de carbone; 2° celui de la substance; 3° celui de l'arc au fer, pour comparaison. Dans les cendres de la bile vésiculaire de bœuf nous avons décelé les éléments suivants : Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Al, P. Les quatre premiers éléments sont assez abondants, ainsi que le phosphore. Le fer et le manganèse sont nettement caractérisés par un assez grand nombre de raies, le fer étant probablement plus abondant. Enfin le cuivre et l'aluminium n'existent qu'à l'état de traces. La bile paraît donc être un émonctoire pour plusieurs éléments introduits par l'alimentation ou provenant (dans quelles proportions ?) de certains tissus de l'organisme. En particulier elle élimine du manganèse, Or, dans leurs recherches spectrographiques avec le manganèse ingéré ou injecté, We. Gerlach et Werthemann ont noté que cet élément ne s'élimine pas par les urines, mais en abondance par les matières fécales. L'abondance du manganèse dans les excréments avait été déjà mise en évidence par E. Maumené qui fut le premier à signaler la fréquence de cet élément chez les êtres vivants.

Nous reproduisons la photographie de la région du spectre où nous avons caractérisé dans la bile de bœuf Mg et Mn.

---

(1) *Comptes rendus*, **98**, 1884, p. 1416.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Appréciation de la quantité de phlorhizine dans le foie et les reins après injection intraveineuse chez le Chien.* Note (¹) de M. **Albert Lambrechts**, présentée par M. G. Urbain.

Jusqu'à présent, nous avons pu doser, grâce à la méthode de spectrographie ultraviolette, la phlorhizine dans le plasma, le sérum et le sang total (²). Poursuivant la recherche qualitative et quantitative de ce glycoside dans les milieux complexes, nous venons d'élaborer une technique de dosage dans les tissus. Nous l'avons appliquée au foie et aux reins.

1° *Technique.* — Le tissu à analyser est pesé à l'état frais. D'habitude, on emploie $10^g$. Le tissu est haché, puis broyé au mortier avec du sable purifié jusqu'à l'obtention d'une bouillie relativement homogène. La précipitation des protéines et l'extraction se fait par $30^{cm^3}$ d'alcool éthylique (optiquement vide). Le filtrat est traité par $60^{cm^3}$ d'éther sulfurique, ce qui produit un trouble marqué. Le nouveau filtrat est évaporé à siccité à l'étuve à 57°. Le résidu est repris par $10^{cm^3}$ d'alcool sodé et spectrographié comme d'habitude.

Dans ces conditions, le coefficient d'extinction $\varepsilon$ de la phlorhizine est de 33500, le même que celui utilisé dans la méthode de dosage dans le sang total. La phlorhizine, additionnée à la bouillie tissulaire puis extraite, n'est retrouvée que partiellement dans le dosage : 70 à 80 pour 100 de la quantité additionnée sont récupérés.

2° *La concentration de phlorhizine dans le foie et le rein chez le Chien.* — La phlorhizine est administrée uniquement par injection intraveineuse, à dose de $30^{mg}$ environ par kilogramme d'animal. Le chien est tué par saignée un certain temps après l'injection; on prélève à ce moment le rein et le foie. Jusqu'à présent nos dosages n'ont pas porté sur des organes prélevés plus de 1 heure 20 minutes après l'injection de phlorhizine.

*Expérience* A. — Chien de $8^{kg},5$. Injection de $250^{mg}$ phlorizine. Reins, foie, sang et muscles prélevés 25 minutes après. Plasma : valeur calculée d'après les expériences antérieures, $48^{mg}$ pour 1000. Valeur trouvée : $47^{mg}$ pour 1000, Foie : $154^{mg}$ par kilogramme de foie. Quantité dans le foie pesant $185^g$ : $28^{mg},5$. Reins : $160^{mg}$ par kilogramme de rein. Les deux reins pèsent $45^g$ et contiennent $7^{mg}$ environ.

---

(¹) Séance du 30 avril 1934.

(²) *C. R. Soc. Biol.*, **113**, 1933, p. 1554; A. L. et Barac, *ibid.*, **114**, 1934, p. 1362.

*Expérience* B. — Chien de $12^{kg},5$, $350^{mg}$ de phlorhizine dans la veine fémorale. Tué $1^{h}20^{m}$ après l'injection. Prélèvement du sang, du foie, des reins, des muscles. Plasma : valeur calculée $19^{mg}$ pour 1000. Concentration trouvée $18^{mg}$ pour 1000. Foie : $29^{mg}$ par kilogramme de foie. Le foie pèse $250^{g}$, contient donc $7^{mg}$ environ. Rein : $21^{mg}$ par kilogramme de rein. Les deux reins pèsent $52^{g}$ et contiennent $1^{mg}$ environ.

Ces chiffres comportent une certaine imprécision pour plusieurs raisons : impossibilité de faire un extrait témoin, tissus frais contenant du sang, de la bile, de l'urine.

Dans le rein notamment il y a très probablement de la phlorhizine déjà éliminée dans l'urine. Une méthode de dosage dans l'urine est à l'étude.

Ces expériences montrent, après injection intraveineuse, la présence de phlorhizine dans le foie et les reins en quantité rapidement décroissante.

En pleine glycosurie cette quantité est relativement faible, comme le faisaient prévoir pour les reins nos expériences relatives au dosage de la phlorhizine dans le plasma chez l'animal avec et sans reins. Ces quantités semblent, à première vue, très inférieures aux concentrations nécessaires pour inhiber les processus de phosphorylation (Lundsgaard).

3° *Résumé*. — Il est possible par la méthode de spectrographie ultraviolette de déceler et de doser la phlorhizine dans le foie et les reins. La concentration qu'on y trouve est assez faible, et elle diminue rapidement.

## MICROBIOLOGIE. — *Sur l'étiologie microbienne du cancer.* Note (1) de M. **Rappin**, présentée par M. A. Gosset.

A propos de la Communication récente de MM. Besredka et Gross sur la nature du principe pathogène des tumeurs malignes (2), dans laquelle les auteurs concluent que ce principe n'est autre qu'un virus répandu dans la nature comme l'est le staphylocoque, par exemple, mais plus fragile que ce dernier, je rappellerai ici que, dans toute la suite de mes travaux et de mes recherches, poursuivis depuis 1881 sur l'étiologie des cancers, je n'ai cessé de décrire comme cause de cette infection un micrococque que j'ai considéré comme un staphylocoque. Tous les caractères et la biologie de cette variété particulière ont été étudiés et présentés par moi dans de nom-

(1) Séance du 28 mai 1934.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1460.

breuses publications, et les recherches nouvelles de MM. Besredka et Gross viennent donc apporter une véritable confirmation à mes observations.

MM. **A. L. Tchijevsky** et **L. L. Vassiliev** adressent une Note sur *L'action physiologique des aéroions et l'électroéchange*.

A $15^h 40^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *P. Bazy* :

| | |
|---|---|
| *En première ligne*.............. | M. **J.-L. Faure**. |
| *En seconde ligne* ex æquo *par ordre alphabétique*............... | MM. **Maurice Chevassu**, **Pierre Duval**, **Henri Hartmann**, **Georges Marion**. |

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h 30^m$.

E. P.

## *ERRATA*.

(Séance du 16 avril 1934.)

Note de M. et Mme *Gilbert S. Adair* et M. et Mme *Jean Roche*, Recherches sur la pression osmotique et sur le poids moléculaire des hémocyanines :

Page 1457, tableau, ligne 1 de la colonne 3, *au lieu de* 4,63, *lire* 2,63.
Page 1458, ligne 2, *au lieu de*

$$p = \Phi.10.RT.C/M = 170.330\Phi C/M,$$

*lire*

$$p = 10\Phi RTc/M = 170\,330\Phi c/M.$$

(Séance du 23 mai 1934.)

Note de M. *R. Sutra*, Dégradation de l'amidon :

Page 1863, ligne 5 à partir du bas, *au lieu de* et $[\alpha]_{542} = +380°$, *lire* $[\alpha]_{546} = +233°$ et $[\alpha]_{436} = +380°$.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 JUIN 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

# MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

## DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Le calcul tensoriel en géométrie projective.* Note de M. **Élie Cartan**.

Est-il possible de généraliser en géométrie projective les procédés du Calcul tensoriel de Ricci et Levi-Civita, qui ont rendu tant de services en géométrie affine et, d'une manière générale, dans les espaces à connexion affine? Cette question, sans avoir une importance fondamentale, présente cependant un intérêt certain et je me propose d'indiquer rapidement dans quel sens elle peut être résolue.

1. Il n'y a aucune difficulté à introduire la notion de tenseur en géométrie projective. Un tenseur attaché à un point M de l'espace est un être (géométrique, mécanique, etc.) défini analytiquement par un certain nombre de composantes $a_\lambda$ ($\lambda = 1, 2, \ldots, N$) satisfaisant aux conditions suivantes : *Ces composantes sont déterminées lorsqu'on rapporte le tenseur à un système de coordonnées projectives non homogènes* $x^1, x^2, \ldots, x^n$ *d'origine* M; *elles subissent une substitution linéaire et homogène lorsqu'on passe d'un de ces systèmes de coordonnées* (*ou* repère) *à un autre* (¹).

La détermination de tous les tenseurs projectifs revient ainsi à celle des représentations linéaires du groupe projectif laissant fixe un point de

(¹) Dans la théorie classique, les composantes du tenseur sont déterminées par le choix des coordonnées (curvilignes ou non) $u^1, u^2, \ldots, u^n$ de l'espace. Ces coordonnées déterminent un *repère cartésien naturel* en chaque point de l'espace et c'est par rapport à ce repère que les composantes du tenseur sont obtenues. En géométrie pro-

l'espace (groupe dualistique du groupe linéaire et non homogène général). Les tenseurs de la géométrie affine sont aussi des tenseurs de la géométrie projective, mais ce ne sont pas les plus généraux. Comme tenseur projectif simple, on peut citer la transformation infinitésimale projective dont le symbole, par rapport à un repère d'origine M, est de la forme

$$e_0^i \frac{\partial f}{\partial x^i} + e_j^i x^j \frac{\partial f}{\partial x^i} - e_i^0 x^i x^k \frac{\partial f}{\partial x^k},$$

avec $n(n+2)$ composantes $e_\alpha^\beta$, où $\alpha$, $\beta$ prennent toutes les valeurs 0, 1, 2, ..., $n$, à l'exception du couple $\alpha = \beta = 0$. Les composantes $e_0^i$ [1] forment par elles-mêmes un tenseur [vecteur contrevariant [2]]; il en est de même des composantes $e_\alpha^i$. Lorsque les composantes $e_0^i$ sont toutes nulles, les autres composantes $e_i^\alpha$ forment un tenseur, ainsi que les $e_j^i$ (avec le tenseur contracté $e_i^i$); enfin si les $e_\alpha^i$ sont toutes nulles, les composantes restantes $e_i^0$ forment un tenseur (vecteur covariant).

L'*addition*, la *multiplication générale* se transposent sans modification en géométrie projective; il en est de même *dans certains cas* de la *contraction des indices*.

2. Le problème fondamental de l'*Analyse tensorielle* est la définition de la *différentielle covariante* ou *absolue* d'un tenseur. Voici comment on peut le résoudre.

Considérons un champ de tenseurs dont les composantes

$$a_\lambda \qquad (\lambda = 1, 2, \ldots, N)$$

en chaque point M sont déterminées quand on se donne un repère projectif (R) d'origine M. Soit

$$(1) \qquad e_i^j x^i \frac{\partial f}{\partial x^j} - e_i^0 x^i x^k \frac{\partial f}{\partial x^k}$$

la transformation infinitésimale projective qui fait passer de (R) à un

jective, tout système de coordonnées curvilignes détermine de même en chaque point M un *repère projectif naturel* qui fixe en ce point les composantes de tout tenseur donné (voir E. CARTAN, *Bull. Soc. math.*, 52, 1924, p. 212). Mais il est préférable de ne pas s'astreindre aux systèmes de coordonnées projectives locaux liés à des coordonnées curvilignes données à l'avance.

(1) Dans ce qui suit, les lettres latines $i, j, \ldots$ se rapportent aux indices 1, 2, ..., $n$; les lettres grecques $\alpha, \beta, \ldots$ aux indices 0, 1, 2, ..., $n$.

(2) Le vecteur contrevariant est ici assimilé à la classe des transformations infinitésimales projectives qui déplacent de la même manière le point origine M.

repère $(R^*)$ infiniment voisin de même origine (¹). Soit

$$(2)\qquad \delta a_\lambda = c^{i\mu}_{j\lambda} a_\mu e^j_i + c^{i\mu}_{0\lambda} a_\mu e^0_i = c^{i\mu}_{\alpha\lambda} a_\mu e^\alpha_i$$
$$(\lambda, \mu = 1, 2, \ldots, N;\ \alpha = 0, 1, \ldots, n)$$

la variation élémentaire subie par $a_\lambda$ quand on passe du repère (R) au repère $(R^*)$. Soient enfin M′ un point infiniment voisin de M, (R′) un repère projectif d'origine M′ infiniment voisin de (R) et

$$(3)\qquad \omega^i \frac{\partial f}{\partial x^i} + \omega^j_i x^i \frac{\partial f}{\partial x^j} - \omega^0_i x^i x^k \frac{\partial f}{\partial x^k}$$

la transformation infinitésimale projective qui fait passer de (R) à (R′) (²).

Nous poserons *a priori*

$$(4)\qquad \mathrm{D}a_\lambda = da_\lambda - c^{i\mu}_{\alpha\lambda} a_\mu \omega^\alpha_i,$$

et nous appellerons $\mathrm{D}a_\lambda$ la *différentielle covariante* de $a_\lambda$.

Cette différentielle covariante jouit des propriétés suivantes :

1° *Si l'on reste au point* M *et si l'on fait varier infiniment peu le repère* (R) *d'origine* M, *la différentielle covariante* $\mathrm{D}a_\lambda$ *est nulle*. Cela résulte des formules (2);

2° *Si on laisse fixe le repère* (R) *d'origine* M *et qu'on fasse varier le repère* (R′) *d'origine* M′, *la différentielle covariante* $\mathrm{D}a_\lambda$ *ne change pas*. En particulier si l'on prend pour (R′) le repère qui se déduit de (R) par la *translation* (³) $\omega^i \partial f/\partial x^i$, la différentielle covariante $\mathrm{D}a_\lambda$ se réduit à $da_\lambda$ : *cette remarque permet une définition géométrique intuitive de la différentielle covariante* (⁴).

En posant maintenant

$$(5)\qquad \mathrm{D}a_\lambda = a_{\lambda|i}\,\omega^i,$$

nous introduirons les *dérivées covariantes* $a_{\lambda|i}$. La propriété 2° montre que

(¹) Cela veut encore dire que les coordonnées locales définies par (R) se déduisent des coordonnées locales définies par $(R^*)$ par la transformation infinitésimale (1).

(²) En particulier les coordonnées locales de M′ par rapport à (R) sont $\omega^1, \omega^2, \ldots, \omega^n$.

(³) Le mot *translation* n'a pas ici un sens absolu comme en géométrie affine; il n'a de sens que par rapport au repère (R), les équations d'une translation *par rapport à ce repère* étant $(x^i)' = x^i + \text{const}$.

(⁴) J'ai indiqué cette définition dans une conférence faite le 20 mai dernier au Congrès international de Géométrie tensorielle de Moscou.

ces dérivées covariantes, le champ de tenseurs étant donné, ne dépendent que du point M et du repère (R) d'origine M. Comme les $a_\lambda$, ce sont des *fonctions de repère* (¹).

3. *Les dérivées covariantes* $a_{\lambda|i}$ *ne définissent pas en général un tenseur :* c'est là la grande différence entre le calcul tensoriel classique et le calcul tensoriel projectif (²). Mais les quantités $a_{\lambda|i}$, *jointes aux composantes* $a_\lambda$, forment un tenseur *prolongé* du tenseur donné. Un calcul fondé sur les équations de structure du groupe projectif donne les différentielles covariantes des $a_{\lambda|i}$ :

$$\text{(6)} \qquad \mathrm{D}a_{\lambda|i} = da_{\lambda|i} - a_{\lambda|k}\omega_i^k - c_{\alpha\lambda}^{k\mu} a_{\mu|i}\omega_k^0 + c_{i\lambda}^{k\mu} a_\mu \omega_k^0 + c_{k\lambda}^{k\mu} a_\mu \omega_i^0 = a_{\lambda|ij}\omega^j,$$

et l'on pourrait de même calculer $\mathrm{D}a_{\lambda|ij}$, etc.

En particulier on a, pour un vecteur contrevariant $a^i$,

$$\mathrm{D}a^i = da^i + a^k\omega_k^i,$$
$$\mathrm{D}a^i{}_{|j} = da^i{}_{|j} - a^i{}_{|k}\omega_j^k + a^k{}_{|j}\omega_k^i - \delta_j^i a^k\omega_k^0 - a^i\omega_j^0,$$

où $\delta_j^i$ est le symbole bien connu de Kronecker. On voit que la divergence $a^i{}_{|i}$ n'est plus un tenseur, puisqu'on a

$$\mathrm{D}a^i{}_{|i} = da^i{}_{|i} - (n+1)a^r\omega_r^0.$$

On a de même, pour un vecteur covariant $a_i$,

$$\mathrm{D}a_i = da_i - a_k\omega_i^k,$$
$$\mathrm{D}a_{i|j} = da_{i|j} - a_{i|k}\omega_j^k - a_{k|j}\omega_i^k + a_i\omega_j^0 + a_j\omega_i^0;$$

le *rotationnel* $a_{i|j} - a_{j|i}$ forme ici un tenseur.

4. Tout ce qui précède se transpose sans modification dans les espaces à connexion projective, tels que je les ai définis dans mon Mémoire cité plus haut de 1924. Ces espaces admettent un *tenseur de courbure et de torsion* $\mathrm{R}_{\alpha ij}^{\beta}$, d'où l'on déduit un *tenseur de torsion* $\mathrm{R}_{0ij}^{k}$. Si le tenseur de torsion est nul, la différentielle covariante $\mathrm{DR}_{ikh}^{j}$ a la même forme qu'en géométrie affine (³);

(¹) Si l'on attache à chaque point le *repère naturel* défini par un système donné de coordonnées curvilignes, les $\omega^i$ se réduisent aux différentielles $du^i$ de ces coordonnées.

(²) Elle tient au fond à ce que les translations par rapport à un repère ne sont plus des translations par rapport à un autre repère de même origine.

(³) Dans le cas où il n'y a pas de torsion, il existe deux tenseurs contractés $\mathrm{R}_{kij}^{k}$ et $\mathrm{R}_{ijk}^{k}$ dont l'annulation caractérise les espaces à connexion projective *normale* (*loc. cit.*, p. 221).

il en est de même de $DR^0_{ikh}$, à condition d'ajouter le terme complémentaire $R^r_{ikh}\omega^0_r$.

Les *formules de Bianchi*, dans le cas où il n'y a pas de torsion, s'écrivent

$$R^i_{khl} + R^i_{hlk} + R^i_{lkh} = 0,$$
$$R^\alpha_{ikh|l} + R^\alpha_{inl|k} + R^\alpha_{ilk|h} + \delta^\alpha_k R^0_{ihl} + \delta^\alpha_h R^0_{ilk} + \delta^\alpha_l R^0_{ikh} + \delta^\alpha_i (R^0_{khl} + R^0_{hlk} + R^0_{lkh}) = 0.$$

Les composantes du tenseur de courbure et de torsion et leurs dérivées covariantes successives contiennent en elles toutes les propriétés géométriques intrinsèques de l'espace. D'une manière plus précise, *étant donné deux espaces à connexion projective* ANALYTIQUE *au même nombre n de dimensions, pour que ces deux espaces soient applicables (c'est-à-dire géométriquement identiques), il faut et il suffit qu'étant donné un point O et un repère* $(R_0)$ *d'origine O dans le premier espace, on puisse trouver dans le second espace un point O' et un repère* $(R'_0)$ *d'origine O' de telle sorte que, par rapport à ces repères, les composantes* $R^\beta_{\alpha kh}$ *et leurs dérivées covariantes successives aient mêmes valeurs numériques dans les deux espaces* (1).

SPECTROSCOPIE. — *Relation simple et générale du spectre moléculaire avec les électrons et anneaux d'électrons des atomes constituants.* Note de M. **H. Deslandres**.

Les recherches sur les spectres moléculaires ou spectres de bandes sont de plus en plus nombreuses. Les spectres lumineux et ultraviolets, qui sont les plus complexes, ont été étudiés les premiers; et, de 1884 à 1890, j'ai pu représenter leurs fréquences par une formule à trois paramètres, qui prennent les valeurs des nombres entiers et qui sont désignés actuellement par les lettres J, $v'$ et $v''$. Puis, en partant de cette formule et d'hypothèses simples, on a appliqué à ces spectres avec un très grand succès la théorie de Bohr et des niveaux d'énergie, améliorée et complétée par les mécaniques quantiques et la mécanique ondulatoire.

Mais l'application de la théorie est ardue, et les hypothèses premières sur l'origine des radiations sont arbitraires, au moins en partie. J'ai

---

(1) Les considérations de cette Note s'étendent sans difficulté à la géométrie conforme et, d'une manière générale, aux espaces de Klein et aux espaces généralisés correspondants, *avec le seul arbitraire provenant du choix des transformations auxquelles on fait jouer le rôle des translations relatives à un repère.*

continué l'étude purement expérimentale de ces spectres, en m'attachant d'abord aux spectres infrarouges qui sont les plus simples; en général ils ont seulement des bandes de vibration et rotation, réunies ou séparées.

Or, en 1919, voulant comparer les spectres lumineux et infrarouges, je les ai représentés par la fréquence de leur radiation la plus intense, et j'ai annoncé que ces fréquences étaient des multiples d'une fréquence élémentaire 1062,5 (appelée $d_1$) ou des fractions simples de $d_1$, telles que $d_1/2$, $2d_1/3$, $4d_1/5$, dont les deux termes sont des nombres entiers. Cette propriété curieuse, reconnue d'abord sur les beaux spectres de bandes dus aux atomes H, C, N et O, et aussi sur plusieurs spectres atomiques, a été retrouvée dans les spectres moléculaires examinés ultérieurement; dans l'intervalle, les données expérimentales utiles avaient augmenté beaucoup, et les fréquences Raman, relevées avec précision, avaient apporté un concours précieux [1].

Je me suis alors posé la question suivante : d'où proviennent ces nouveaux nombres entiers? Après avoir longtemps cherché, je trouve que tout s'explique simplement par une action spéciale de chaque atome sur les anneaux d'électrons des atomes voisins, et conformément à la formule simple suivante :

$$\nu \text{ en cm}^{-1} = q\, d_1/r's', \qquad (1)$$

$\nu$ étant la fréquence maxima d'une bande moléculaire de réflexion, émission ou absorption ou encore une fréquence Raman; $d_1$ étant la constante 1062,5; $s'$ étant le nombre des électrons qui forment les anneaux excités dans l'un des atomes; $q$ étant un nombre entier et $r'$ un nombre entier petit. La vérification de cette formule a été publiée de 1930 à 1932 pour 16 molécules simples, formées par les 20 atomes légers de l'hydrogène au calcium; les anneaux d'électrons sont alors bien déterminés [2]. De plus, pour les fréquences mesurées avec précision, on a recherché les nombres entiers $r's'$ qui, portés dans la formule (1), reproduisent la fréquence, à de faibles différences près, les nombres $r's'$ qui sont petits étant les plus intéres-

---

(1) Voir surtout : *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 745 et 1365; **191**, 1930, p. 1404; **192**, 1931, p. 521, 1417 et 1606; **193**, 1931, p. 1364; **194**, 1932, p. 1033 et 2093.

(2) La formule a été vérifiée principalement sur des bandes ou raies infrarouges de vibration, mais avec plusieurs molécules, $H^2$, $H^2O$, ClH, $NH^3$; elle convient aussi pour les raies infrarouges dites de rotation, le nombre $s'$ ayant alors sa valeur maxima et $r'$ étant plus grand.

sants. Cette analyse donne des indications utiles sur la liaison et l'ionisation des atomes dans la molécule.

Considérons d'abord une molécule diatomique. En fait, tout se passe comme si chaque atome, en se rapprochant, excite successivement les anneaux d'électrons de l'autre atome, en commençant par l'anneau le plus extérieur, appelé le premier anneau; puis l'anneau suivant est saisi à son tour, les électrons des deux anneaux étant alors excités en même temps; cette action continue jusqu'au dernier anneau, le plus voisin du noyau, qui comprend seulement deux électrons. Pour tout expliquer, il faut admettre les propriétés suivantes : 1° le nombre des électrons excités étant $s'$, les fréquences émises sont la fréquence $d_1/s'$ et ses multiples; elles seraient à rapprocher immédiatement des fréquences d'une verge sonore, si les électrons étaient sur une même ligne et maintenus par des forces élastiques. Chaque atome a ainsi ses fréquences propres; mais les fréquences de la molécule doivent être celles communes aux deux atomes; 2° pour que cette condition soit réalisable, la fréquence première $d_1/s'$ est souvent divisée en parties égales; d'où le petit nombre entier $r'$ de la formule (1); 3° la formule s'applique encore lorsqu'un radical prend, dans la molécule, la place d'un atome. Le premier anneau d'un radical est formé par les électrons des premiers anneaux de tous ses atomes, et ainsi pour les autres anneaux. Avec le radical $CH^3$, on compte 7 électrons $(4+3)$ dans le premier anneau et 9 électrons $(4+3+2)$ dans les deux anneaux.

Les radiations propres des deux atomes doivent être les mêmes; ce qui est réalisé le mieux possible, lorsque les nombres des électrons excités dans les deux atomes sont les mêmes ou dans un rapport très simple (par exemple 1/2, 2/3, 1/4). Souvent l'ionisation intérieure, facile entre des atomes très voisins, intervient pour réaliser cette condition, et assurer en même temps une stabilité plus grande par l'attraction électrostatique; il y a là une sorte de sélection naturelle.

Dans cette étude, on est ramené à des combinaisons simples de nombres entiers. Je citerai comme exemples les molécules ClNa, ON et $CH^4$, déjà examinées dans les Notes antérieures, mais incomplètement. La molécule ClNa est la première qui ait conduit à la formule (1); car sa bande principale $\nu$ 186,6 est à la fois un multiple de $d_1/17$ et de $d_1/11$; 17 et 11 étant les nombres atomiques de Cl et de Na. Or certains arrangements des électrons sont fort intéressants. Avec Cl, les nombres d'électrons excités peuvent être 7 premier anneau, 15 deux anneaux et 17 trois anneaux; les nombres correspondants de Na sont 1, 9 et 11. Si un électron

de Na se porte sur Cl, les premiers anneaux de $Cl^-$ et $Na^+$ ont chacun 8 électrons [1]. Si un second électron de Na est saisi par Cl, les deux premiers anneaux de $Cl^{--}$ et $Na^{++}$ comptent 9 électrons. L'égalité absolue des deux fréquences émises par Cl et Na est réalisée, avec les valeurs 8 et 9 données à $s'$ ; et, en fait, les trois radiations connues de ClNa sont reliées à ces deux nombres (voir le Tableau VIII ci-dessous).

Tableau VIII. — *Fréquences infrarouges de molécules simples* [2].

| Molécule et mode d'excitation. | | Fréquence de la raie ou bande en $cm^{-1}$. | Multiple de $d_1/r's'$ et résidus. | Nombre $s'$ des électrons excités dans l'atome et nombre de leurs anneaux. |
|---|---|---|---|---|
| Cl Na, cristal, | réflexion..... | 186,6 = | $2 d_1/11 - 6,6$ | 11 de Na 3 anneaux |
| | | » = | $3 d_1/17 - 0,9$ | 17 de Cl 3 an. |
| | | » = | $7 d_1/5 \times 8 + 0,7$ | 8 de $Na^+$ 1 an. et de $Cl^-$ 1 an. |
| | | » = | $8 d_1/5 \times 9 - 2,3$ | 9 de $Na^{++}$ 2 an. et de $Cl^{--}$ 1 an. |
| » | » ..... | 264,5 = | $2 d_1/8 - 1,1$ | 8 de $Na^+$ 1 an. et de $Cl^-$ 1 an. |
| | | » = | $9 d_1/4 \times 9 - 1,1$ | 9 de $Na^{++}$ 2 an. et de $Cl^{--}$ 2 an. |
| » | Raman...... | 235,0 = | $2 d_1/9 - 1,1$ | 9 » » |
| | | » = | $7 d_1/4 \times 8 - 1,1$ | 8 de $Na^+$ 1 an. et de $Cl^-$ 1 an. |
| ON, gaz, | Raman...... | 119 = | $d_1/9 + 0,9$ | 9 de $O^-$ 2 an. |
| » | absorption... | 1883,9 = | $16 d_1/9 - 5,0$ | 9 de $O^-$ 2 an. |
| | | » = | $32 d_1/3 \times 6 - 5,0$ | 6 de $N^+$ 2 an. |
| | | » = | $62 d_1/5 \times 7 + 1,9$ | 7 de N 2 an. et de $O^+$ 2 an. |
| | | » = | $71 d_1/5 \times 8 - 1,5$ | 8 de O 2 an. et de $N^-$ 2 an. |
| | | » = | $39 d_1/11 \times 2 + 0,5$ | 11 de $O^{2+}$ 1 an. et de $N^{2-}$ 1 an. dans $(ON)^2$ |
| $CH^4$, gaz, | Raman...... | 2914,8 = | $11 d_1/4 - 7,0$ | 4 de C 1 an. et de $H^4$ |
| | | » = | $33 d_1/6 \times 2 - 7,0$ | 6 de C 2 an. |
| | | » = | $74 d_1/9 \times 3 + 2,8$ | 9 de $CH^3$ 2 an. et 3 de $H^3$ |
| » | » ..... | 3071,5 = | $26 d_1/9 + 2,1$ | 9 » » |
| » | absorption... | 1304,0 = | $11 d_1/9 + 5,4$ | 9 » » |
| » | » ..... | 3012,0 = | $17 d_1/6 + 1,6$ | 6 de C 2 an. |

---

(1) Avec le nombre 8, on a l'octet des chimistes, qui assure à la molécule la stabilité des gaz rares.

(2) Les sources sont : pour Cl Na, Czerny, *Zeit. f. Phys.*, **65**, 1930, p. 265, et Rasetti, *Nature*, **127**, 1931, p. 127; pour ON, Rasetti, *Phys. Rev.*, **34**, 1929, p. 357, et Snow, Rawling et Rideal, *Proc. R. Soc.*, **124**, 1929, p. 453 ; pour $CH_4$, Dickinson, Dillon et Rasetti, *Phys. Rev.*, **34**, 1929, p. 582, et Cooley, *Astr. Phys. J.*, **62**, 1925, p. 84. La 3e radiation Raman de $CH^4$ a été écartée, étant large et dégradée vers le violet; du spectre d'absorption, on a pris seulement les deux bandes les plus fortes. Avec ON, noter que l'une des raies est émise aussi par le dimère $(ON)^2$.

La molécule ON, qui est en désaccord avec la théorie des valences, est classée comme anormale, et l'égalité des fréquences paraît difficile avec les 8 électrons de O et les 7 de N. Mais avec $O^-$ et $N^+$, ces nombres deviennent 9 et 6, et sont dans un rapport simple; c'est ainsi que les deux fréquences de ON sont des multiples de $d_1/9$ et de $d_1/6$. Quant à la molécule $CH^4$, son atome C a 4 électrons dans le premier anneau, et 6 dans ses deux anneaux. Le premier anneau de C et $H^4$, chacun avec 4 électrons, vibrent en accord, d'où la fréquence qui est un multiple de $d_1/4$; d'autre part la molécule peut être formée par l'union de H et du radical $CH^3$. Or $H^3$, C (deux anneaux) et $CH^3$ ont respectivement 3, 6 et 9 électrons qui sont dans un rapport simple, et c'est pourquoi les fréquences de $CH^3$ sont reliées à $d_1/6$ et à $d_1/9$.

J'ai vérifié ces propriétés simples sur un grand nombre de molécules. D'ailleurs les spectres dits électroniques, ultraviolets et lumineux, ont apporté leur concours. En général, les têtes de leurs bandes sont bien représentées par la formule simple :

$$\nu = \nu^{00} + (a'v' - b'v'^2) - (a''v'' - b''v''^2), \tag{2}$$

$v'$ et $v''$ étant les nombres entiers 0, 1, 2, 3, .... Or souvent, les constantes $a'$ et $a''$ se trouvent être les fréquences de bandes infrarouges; de toute façon, elles sont aussi des fractions simples de $d_1$ et se rattachent à la formule (1). J'ai déjà remarqué que les constantes $a'$ et $a''$ de la molécule $Li^2$ sont égales à $d_1/4$ et à $d_1/3$, en accord avec les 4 électrons de $Li^-$, les 2 de $Li^+$ et les 3 de Li neutre.

Avec toutes ces données, je publierai prochainement une longue liste de molécules formées par les corps simples successifs à partir de l'hydrogène, et en montrant le lien des fréquences avec les anneaux d'électrons de leurs atomes.

Cette étude conduit à des idées nouvelles sur la genèse des radiations dans la molécule et sur les actions mutuelles entre ses atomes.

PÉTROGRAPHIE. — *Les difficultés de la classification des sédiments calcaires anciens*. Note de M. **L. Cayeux**.

La campagne du *Challenger* a doté la géologie d'une classification des sédiments actuels en deux grandes catégories. D'une part les sédiments *pélagiques* et *abyssaux*, embrassant toutes les formations de haute mer et

de mer profonde; d'autre part les sédiments *terrigènes*, réunissant les dépôts qui empruntent à la terre ferme une bonne partie de leurs matériaux.

Nul doute qu'il y ait intérêt à faire rentrer tous les sédiments anciens dans ces deux groupes. Malheureusement, les tentatives d'application de la classification du *Challenger* aux dépôts anciens, de nature calcaire, se heurtent à d'insurmontables difficultés. La raison en est qu'il existe une foule de sédiments calcaires, jouant un rôle capital dans la constitution des terrains anciens, qui ne sont, ni terrigènes, ni pélagiques, ni abyssaux.

Que faire des calcaires à entroques, des calcaires à Bryozoaires, des calcaires à débris de Brachiopodes ou d'Oursins, des calcaires à grands Foraminifères, etc.? Ils ne sont en rien terrigènes, puisqu'ils procèdent d'organismes; ils ne sont pas davantage pélagiques, car leurs organismes essentiels sont benthiques, et, enfin tous leurs caractères les excluent du milieu abyssal.

Les dépôts de cette sorte tiennent une place beaucoup trop grande dans la série sédimentaire ancienne, pour qu'ils n'aient pas de représentants, fussent-ils rudimentaires, dans les océans actuels. La vérité est que certains dépôts calcaires d'aujourd'hui se dissimulent sous des étiquettes qui ne répondent nullement à leurs caractères, circonstance qui crée l'apparence de lacunes, et prive l'observateur d'éléments de comparaison.

L'exemple suivant le prouve à l'évidence :

Le passage aux sédiments pélagiques des dépôts coralliens, rattachés par J. Murray et A.-F. Renard [1], aux sédiments terrigènes, se fait par des formations, très instructives à notre point de vue. Leur caractéristique est de renfermer de grands Foraminifères (*Orbitolites*, *Heterostegina*, *Operculina*, *Alveolina*, etc., et des organismes très variés (Bryozoaires, Échinodermes, Ostracodes, Alcyonaires calcaires, etc.). C'est ainsi, qu'à environ $1600^m$ du récif des Bermudes, et par $365^m$ de profondeur, s'accumule un dépôt grossier, principalement formé de fragments de Mollusques, Bryozoaires, Coraux, Algues calcaires et Foraminifères de fond (*Amphistegina*, *Textularia*, etc.). A $4^{km}$ du récif et à la profondeur de $695^m$, ce dépôt fait place à un sédiment relativement fin, essentiellement composé de débris de Mollusques (Ptéropodes, Hétéropodes, Bryozoaires, Échinodermes [test et piquants], Coraux, spicules d'Éponges, Foraminifères fréquents (*Orbitolites*, *Heterostegina*, *Patellina*,

(1) *Report on Deep-Sea Deposits* (*Voy. of H. M. S. Challenger*, 1891, p. 244).

*Planorbulina*, *Pulvinulina*, *Rotalia*, *Bulimina*, *Miliolina*, *Globigerina*, etc.). Un pareil dépôt n'est, ni plus ni moins, qu'une boue à Foraminifères, de composition organique très variée, passant latéralement à une vase à Globigérines.

De même que le premier, il a été rattaché aux boues et sables coralliens, et, en fin de compte, aux dépôts terrigènes, dont il ne réalise nullement les traits fondamentaux.

Par voie de conséquence, un important travail de discrimination s'impose, qui n'est possible qu'à la lumière de nouvelles données sur les sédiments actuels. Tôt ou tard, on sera logiquement amené à démembrer le groupe des sédiments terrigènes, lequel n'est rien moins qu'homogène dans sa conception actuelle, pour en faire deux catégories foncièrement distinctes; l'une, composée de matériaux clastiques prédominants, et répondant exactement à la notion qu'évoque le vocable terrigène, et l'autre, essentiellement formée d'organismes calcaires, de nature variée, non pélagiques et encore moins abyssaux. C'est alors, et alors seulement, que nous saurons, de source certaine, où sont les représentants dans la série actuelle des dépôts calcaires susmentionnés, et, en particulier, des formations à grands Foraminifères, tel que le complexe nummulitique.

Ajouterai-je qu'en l'état présent des choses, l'Océanographie ne peut mieux servir la Géologie qu'en orientant son activité vers l'exploration systématique des sédiments dits terrigènes.

Dans un autre ordre d'idées, le classement de certains sédiments calcaires anciens soulève également des difficultés. De même qu'une roche siliceuse est détritique par le quartz, de même une roche calcaire peut être clastique par ses éléments carbonatés. Dans la très grande majorité des cas, un calcaire d'origine détritique est redevable de ce caractère à tout ou partie de ses organismes, lesquels ont été entraînés, et plus ou moins façonnés par les eaux. Tel calcaire à entroques, éminemment détritique par ses articles de Crinoïdes remaniés, est assimilable à un gravier; tel autre, formé par dissociation des articles sur place, doit prendre rang parmi les roches d'origine purement organique. De différence, à l'œil nu, entre les deux types, il n'y en a pas.

Des calcaires à grands Foraminifères sont détritiques, du fait que leurs organismes, remplis d'une boue très différente de la gangue, ont été concentrés en des points où ils n'ont pas vécu, alors que d'autres sont rassemblés sur les aires qu'ils occupaient de leur vivant. En fait, bon nombre de calcaires, riches en organismes, sont, tour à tour, d'origine détritique

et organique, quand ils ne sont pas d'origine mixte. On conçoit que dans ces conditions la répartition des sédiments calcaires en dépôts détritiques ou organiques ne soit pas toujours une opération facile. A vrai dire, elle n'est possible qu'à l'aide du microscope.

Ces considérations nous font entrevoir l'existence d'un important groupe de roches calcaires, d'origine *organo-détritique*, constituées aux dépens d'organismes divers, remaniés par les courants, les vagues et les marées. Veut-on les faire rentrer dans la classification des sédiments, établie par J. Murray et A.-F. Renard, que les difficultés signalées plus haut s'y opposent.

GÉNÉTIQUE. — *Hérédité en mosaïque du* Geranium pratense *L. var.* album striatum. Note de M. L. **Blaringhem.**

L'origine et le mode de transmission par graines des plantes à fleurs striées sont mal connus. H. de Vries ([1]) a signalé les difficultés de cette étude où l'hérédité est dominée par la sélection; on s'explique mal d'autre part l'apparition sporadique de ces variétés par mutations de bourgeons. J'étudie depuis près de dix ans une série de plantes, des Géraniums, où les mutations sexuelles sont fréquentes, les mutations de coloris rares; c'est dans ce genre de plantes, apparenté aux Pélargoniums horticoles si variés dans leurs altérations ornementales, que j'ai trouvé le matériel de choix pour l'étude des problèmes de l'hérédité en mosaïque.

Actuellement, je possède 47 plantes issues de graines présentant les caractères de fleurs striées et dérivées, dans mes cultures, du *Geranium pratense* L. var. *album* Hort., obtenu de la maison Vilmorin-Andrieux en février 1925; de 30 graines, deux plantes seulement levèrent et donnèrent des fleurs d'un blanc pur avec étamines jaunes en 1926, bien typiques aussi en 1927, lorsque, en fin de saison, sur une ramification tardive, j'observai trois fleurs blanches striées de bleu. Les graines, bonnes en apparence, résultant de ces trois fleurs et au nombre de 10, furent semées en mars 1927 sans donner de plantules; un lot de 50 graines, provenant des dernières fleurs blanches du même pied fut semé sur couche le 26 août 1928 et j'obtins en 1929 5 plantes, dont 4 à fleurs d'un blanc pur et 1 dont toutes les fleurs étaient blanches striées à des degrés divers de bandes

([1]) *Espèces et variétés*, trad. Blaringhem, 1909, p. 195-214.

bleues rayonnant à partir du centre; cette variation avait déjà été obtenue par H. de Vries ([1]).

Les plantes à fleurs blanches striées de bleu, que je désigne sous le nom *G. pratense* var. *album striatum*, dérivent de cet individu dont l'ancêtre était à fleurs blanches avec indication certaine de son état hétérozygote. Par dérivation directe en seconde et en troisième générations isolées en bloc, et du semis de plus de 500 graines lourdes, j'ai actuellement 47 plantes vivaces à fleurs striées, 16 à fleurs blanches et 30 à fleurs bleues. Et chaque individu pourrait, dans la momenclature horticole, porter un nom particulier. C'est un cas typique de l'Hérédité en mosaïque, compliqué de la disjonction désordonnée telle que l'a décrite Charles Naudin ([2]).

Parmi les individus à fleurs bleues, je distingue au moins trois tons : bleu franc uniforme du type *pratense*; bleu atténué bien différent du précédent dans l'épanouissement en masse et plus encore à la fin de la floraison; bleu atténué et virant au bleu pâle par l'étalement, le long des nervures des pétales, de zones où le pigment est moins condensé. Cette année même, j'ai obtenu dans cette dernière catégorie des plantes dont les pétales ne sont plus ovales mais dentelés, les creux correspondant à autant de points déficients dans la croissance des limbes, vis-à-vis des nervures rayonnantes. Ces plantes sont partiellement isolées pour assurer l'autofécondation; mais je n'espère guère obtenir de bons résultats si je ne laisse pas la fécondation croisée se produire naturellement, entre plantes de la même lignée.

La diversité des individus à fleurs blanches est moins marquée jusqu'à présent; les individus blancs purs dominent, mais il y en a un assez grand nombre où les pétales sont veinés de rose plus ou moins léger sur fond transparent; j'ai aussi des plantes à pétales réduits du tiers en surface et à étamines courtes ou déficientes en majorité.

Les individus à fleurs striées dominent. Sur certains, les secteurs rayonnants bleus couvrent le tiers, la moitié ou très rarement (deux cas) la fleur entière; sur d'autres, les taches bleues légères diffusent comme de légères traînées de stries sur le fond blanc; entre ces deux extrêmes toute la variété des intermédiaires, mais avec cette restriction que certains individus n'ont que des fleurs à larges secteurs bleus, d'autres que des fleurs à macules où les stries sont à peine marquées. Dans tous les cas, les plages colorées sont

---

([1]) *Mutationstheorie*, Leipzig, 1, 1901, p. 493 et fig. 140.

([2]) Voir L. Blaringhem, *Progressus Rei Botanicæ*, 4, 1911, p. 27; *IVe Conf. int. Génétique*, Paris, 1911, p. 101.

rayonnantes et divergent en éventail de l'onglet vers le bord du pétale. Dans cette série des plantes à fleurs striées j'ai obtenu une plante à étamines très courtes, à pollen presque complètement avorté, qualité précieuse pour les isolements et les fécondations croisées artificielles.

Toutes ces formes et répartitions de coloris des pétales sont liées étroitement à la couleur des anthères et à la couleur des grains de pollen. Chez les plantes à fleurs blanches les anthères et les pollens sont jaunes, le plus souvent de forte taille, bien conformés et nombreux. Une seule plante, en 1930, peu vigoureuse et morte à la fin de l'été, avait des pétales blancs à nervures étalées roses et des anthères bleu pâle. Les individus à pétales blancs et nervures rosées donnent peu de pollen, gris à l'ouverture des anthères qui sont grêles, grisâtres passant au noir à la dessiccation. Toutes les plantes à fleurs bleues ne donnent que des anthères bleues dont le ton varie à l'anthèse du crême violacé au violet pourpre, comme dans l'évolution normale du coloris des anthères avant l'ouverture des fleurs de *Geranium pratense* L. type. Autrement dit, l'examen des anthères montre chez divers individus à fleurs bleues des tendances individuelles définies, correspondant à l'accélération ou au ralentissement de la maturation des pollens. Les variations ou atténuations de pigmentation des pollens bleus marchent de pair avec la réduction en nombre des grains de pollen de bonne qualité.

Mais j'insisterai ici surtout sur les aspects et dispositions des anthères et des pollens des individus à fleurs blanches striées de bleu. Je ne connais pas d'exemple où la disjonction sectoriale des coloris des pétales soit liée d'une manière plus nette à la disjonction sectoriale des pollens. Comme pour les pétales et dans les mêmes rapports, les fleurs blanches striées de bleu donnent des anthères bleues, des anthères blanches et des anthères qui sont pour moitié, pour un quart, ou blanches ou bleues dans des proportions manifestement liées à la disjonction observée sur les pétales. Par exemple, toutes les étamines insérées devant l'onglet d'un pétale bleu sont bleues, les étamines insérées devant le pétale blanc sont jaunes; celles insérées devant un pétale où le blanc domine avec stries ou macules légères bleues sont jaunes mais teintées, saupoudrées plutôt, de macules bleues dont l'importance varie parallèlement à l'étalement des plages bleues sur le pétale correspondant. Lorsque le bouton s'entr'ouve et qu'on aide les étamines à se dégager, on note, sur presque toutes les fleurs où la mosaïque est bien accentuée, des anthères où le bleu et le jaune sont accolés dans le sens du filet de l'étamine.

La distribution des pollens bleus et des pollens jaunes dans ces anthères mixtes est en somme la véritable cause de la mosaïque des coloris des

anthères. On s'en assure facilement par l'examen au microscope à un faible grossissement; les pollens bleus qu'on distingue parfaitement en limitant l'éclairement de l'objectif sont accrochés aux parois des anthères pigmentées en bleu, les pollens jaunes aux parois non pigmentées; on peut même affirmer que la correspondance est établie par groupes limités de cellules comme s'il y avait teinture simultanée du pollen et de la paroi de l'anthère correspondante.

Ou plutôt il devient évident que, dans le principe, c'est la disjonction des pollens de teintes différentes qui entraîne, au cours de la maturation des pollens, la teinture simultanée des pollens bleus et des plages bleues adhérentes de la paroi des anthères; il y a non seulement correspondance mais identité de réaction et d'évolution pigmentaire. Et comme nous savons par l'embryologie de la fleur des Géraniacées que les massifs polliniques, dans les anthères, sont plus précocement différenciées que les filets des étamines, que les pétales en bourrelets situés à la base des étamines, nous arrivons à la conclusion que la coloration rayonnante à partir de l'onglet des plages bleues sur les pétales blancs est le résultat d'une réaction chimique, identique dans le principe et dans les effets à celle qui se produit dans la membrane exine des grains de pollen en voie de maturation. La fleur striée de bleu sur fond blanc du *Geranium pratense* var. *album striatum* rend apparentes à l'œil le moins exercé les disjonctions des pollens à chimisme différent dans les anthères des plantes hetérozygotes.

Ces faits confirment et complètent les observations de Charles Naudin sur l'hybridité disjointe montrée par les capsules (ovaires) du *Datura Stramonio-lævis* en 1859, observations qui l'ont conduit à signaler, avant Mendel, les causes du retour des hybrides fertiles aux parents ([1]).

## NOMINATIONS.

MM. **E. Picard**, **H. Deslandres**, **Ch. Lallemand**, **M. d'Ocagne**, **G. Perrier**, **E. Jouguet**, **J. Tilho** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du Cinquantenaire du *Service du nivellement général de la France*, le 27 juin 1934.

---

([1]) *Comptes rendus*, 49, 1859, p, 616-619.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *P. Bazy* décédé.

Il y a deux tours de scrutin. Le dépouillement donne les résultats suivants :

| | 1er tour. | 2e tour. |
|---|---|---|
| Nombre de votants | 56 | 56 |
| Suffrages obtenus | — | — |
| par M. Jean-Louis Faure | 26 | 31 |
| M. Henri Hartmann | 22 | 24 |
| M. Pierre Duval | 6 | » |
| M. Georges Marion | 2 | » |
| Bulletin blanc | » | 1 |

M. **Jean-Louis Faure**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

## PLIS CACHETÉS.

M. **Henri B. Reitlinger** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 25 janvier 1932 et enregistré sous le n° 10541.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une *Note sur la détente de l'eau chaude*.

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. **Georges Retgen** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 31 octobre 1927 et enregistré sous le n° 9897.

Le pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note sur un phéomène électrique.

(Renvoi à la Section de Physique.)

## CORRESPONDANCE.

M. **Maurice Javillier** adresse un Rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été attribuée sur la *Fondation Loutreuil* en 1933.

M. **Paul Langevin** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Physique par le décès de M. *P. Villard*.

ALGÈBRE. — *Sur les polynomes univalents.*
Note (¹) de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

Dans cette Note je démontre quelques théorèmes pour les polynomes univalents et pour les polynomes multivalents.

I. *Soit*

$$f(z) = z + a_2 z^2 + \ldots + a_n z^n \tag{1}$$

*un polynome arbitraire, dont les zéros sont* $0, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n-1}, \alpha_{n-1}$ $(\alpha_k \neq 0)$. *Si* $a$ *est le plus petit zéro du polynome* $f'_0(z)$, *où*

$$f_0(z) = z(z - |\alpha_1|)(z - |\alpha_2|)\ldots(z - |\alpha_{n-1}|),$$

*le polynome* $f(z)$ *est univalent dans le cercle* $|z| \leqq a$ *et le représente sur un domaine étoilé par rapport à l'origine.*

Posons

$$z = re^{i\theta}, \qquad \alpha_k = r_k e^{i\varphi_k},$$

alors on a la formule

$$\Phi = \arg f(z) = \arg a_0 + \theta + \arg(z - \alpha_1) + \ldots + \arg(z - \alpha_{n-1}). \tag{2}$$

On démontre facilement l'inégalité suivante :

$$-\frac{r}{r_k - r} \leqq \frac{d}{d\theta} \arg(z - \alpha_k) \leqq \frac{r}{r_k + r} \qquad (r < r_k). \tag{3}$$

---

(¹) Séance du 4 juin 1934.

De (2) et (3) on obtient

$$\frac{d\Phi}{d\theta} \geqq 1 - \sum_{k=1}^{n-1} \frac{r}{r_k - r} = r\frac{f'_0(r)}{f_0(r)} \geqq 0$$

pour $r \leqq a$. Ceci nous montre que l'argument $f(z)$ varie de $2\pi$ toujours dans le même sens lorsque $z$ décrit la circonférence $|z| = \rho < a$, d'où découle le théorème énoncé.

La limite $a$ est atteinte pour les polynomes dont les zéros sont réels et non négatifs.

On obtient facilement comme cas particulier un théorème de M. Alexander [1] :

II. *Soit*

$$f(z) = z^p + a_{p+1} z^{p+1} + \ldots + a_n z^n \tag{4}$$

*un polynome arbitraire, les zéros du polynome $f(z)/z^p$ étant les nombres*

$$\alpha_1, \quad \alpha_2, \quad \ldots, \quad \alpha_{n-p} \qquad (\alpha_s \neq 0).$$

*Soit $a > 0$ le plus petit zéro du polynome $f'_0(z)/z^{p-1}$, où*

$$f_0(z) = z^p(z - |\alpha_1|)(z - |\alpha_2|)\ldots(z - |\alpha_{n-p}|).$$

*Alors le polynome $f(z)$ est p-valent dans le cercle $|z| \leqq a$.*

En effet, dans ce cas, on a

$$\frac{d\Phi}{d\theta} \geqq p - \sum_{\nu=1}^{n-p} \frac{r}{r_\nu - r} = r\frac{f'_0(r)}{f_0(r)} \geqq 0,$$

et le théorème se démontre par la variation de l'argument.

On obtient facilement comme conséquence le théorème suivant de M. Birnacki [2] :

*Si $z_0$ ($z_0 \neq 0$) est le zéro du plus petit module du polynome* (4), *$f(z)$ est p-valent dans le cercle $|z| \leqq p/n\,|z_0|$.*

On voit facilement par le passage à la limite que les théorèmes I et II sont aussi valables pour les fonctions entières de la forme

$$f(z) = c z^p e^{-\mu z} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z}{\alpha_n}\right),$$

la série $\sum_{n=1}^{\infty} 1/|a_n|$ étant convergente.

---

(1) Voir P. MONTEL, *Leçons sur les fonctions univalentes et multivalentes*. Paris, 1933.

(2) *Bulletin intern. de l'Ac. Polonaise*, série A, 1927, p. 546-685.

GÉOMÉTRIE. — *Géométrie centro-affine des courbes gauches.* Note de M. I. **Popa**, présentée par M. Élie Cartan.

La géométrie centro-affine est la géométrie du groupe des transformations linéaires qui conservent ou échangent un point O, le centre, et un plan $o$, le plan à l'infini ([1]). Nous nous occuperons séparément des cas où O et $o$ sont incidents ou non.

I. *Le cas hyperbolique.* — Par rapport à un repère cartésien, d'origine O, les coordonnées d'un élément de la courbe donnée Γ sont liées par les relations

$$Sx\xi = 1, \qquad Sx'\xi = Sx''\xi = Sx'\xi' = Sx\xi' = Sx\xi'' = 0.$$

On peut définir comme *arc* centro-affine l'invariant le plus simple

$$ds^3 = \frac{(x', x'', x''')}{(x, x', x'')}\,du^3 = -\frac{(\xi', \xi'', \xi''')}{(\xi, \xi', \xi'')}\,du^3.$$

Il en résulte les équations fondamentales

$$x''' = x + p_2 x' + \tau x'',$$
$$\xi''' = -\xi + (p_2 - \tau')\xi' - \tau\xi'',$$

où $p_2$ et $\tau$ sont des invariants centro-affines d'ordre 5 et 4. On a

$$\tau\, ds = d\log T,$$

T étant l'invariant de M. G. Tzitzéica ([2]).

Les repères ponctuel et tangentiel d'ordre minimum sont $x$, $x'$, $\bar{x} = 3x'' - \tau x'$, respectivement $\xi, \xi', \bar{\xi} = 3\xi'' + \tau\xi'$, et les invariants d'ordre minimum

$$ds,\ \tau,\ k = p_2 - \frac{\tau'}{3} + \frac{2\tau^2}{9}; \qquad -ds,\ -\tau,\ \bar{k} = p_2 - \frac{2}{3}\tau' + \frac{2\tau^2}{9}.$$

Le vecteur $\bar{x}$ (la normale principale d'ordre minimum) est la tangente singulière au lieu des milieux des cordes de Γ parallèles au plan tangent (défini par O et la tangente) de Γ. Il coïncide avec la normale affine de la projection Γ′ de Γ faite de O sur le plan osculateur. La conique osculatrice de Γ′ est une parabole pour $k = 0$. A et $A_1$ étant les points d'intersection

([1]) O. Mayer et A. Myller, *Ann. sc. de l'Univ. de Jassy*, 18, 1913, p. 234-280.

([2]) *Ann. Éc. Norm. sup.*, 28, 1911, p. 9-32.

de la transversale par O à deux normales principales infiniment voisines :

$$\frac{ds}{k} = \frac{A_1A}{OA}.$$

Le repère auto-dual est $x, x', \overline{x}_1 = 2x'' - \tau x'$ et les invariants auto-duals

$$ds, \tau, k_1 = p_2 - \frac{\tau'}{2} + \frac{\tau^2}{4}.$$

Les courbes $p_2$, $\tau =$ const. sont les courbes W pour le groupe des centro-affinités; ce sont les extrémales du problème variationnel de la longueur centro-affine et les seules qui admettent comme satellites ([1]) des transformées centro-affines.

2. *Le cas parabolique.* — Soit $(a_1, a_2, a_3, 0)$ le point fixe dans le plan fixe à l'infini. Dans ce qui suit, nous prendrons $a_1 = a_3 = 0$, $a_2 = 1$, mais pour la symétrie des formules, nous conservons les $a_i$. La corrélation fondamentale est celle du système nul défini par le complexe linéaire

$$p_{12} + p_{34} = 0.$$

La condition d'incidence est $Sx\xi = 0$; on a $\xi_3 = 1$, ce que nous exprimerons par $Sa_i\xi = 1$. L'arc centro-affine sera

$$ds^3 = \frac{(x', x'', x''')}{(a_i, x', x'')} du^3.$$

L'équation fondamentale est

$$x_i''' = a_i + px_i' + qx_i'',$$

et l'on a $q\,ds = d\log T_0$, $T_0$ étant le second invariant introduit par M. Tzitzéica ([2]). Par la corrélation fondamentale, $q$ change de signe. On a le repère d'ordre minimum $x$, $x'$, $\overline{x} = 3x'' - qx'$ et les invariants d'ordre minimum $ds$, $q$, $k = p - q'/3 + 2q^2/9$. De même, on a le repère auto-dual $x$, $x'$, $\overline{x}_1 = 2x'' - qx'$ et les invariants auto-duals $ds$, $q$, $\overline{k} = p - q'/2 + q^2/4$. Pour le vecteur $\overline{x}$ on a les mêmes propriétés que dans le cas hyperbolique, la projection étant faite parallèlement à la direction fixe. Les mêmes interprétations pour l'invariant $k$. Les courbes $q = 0$ ont la propriété caractéristique d'appartenir à un complexe linéaire (*loc. cit.*).

3. La considération des repères d'ordre minimum se trouve avantageuse dans l'étude des transformations B (généralisant celle de Bertrand) et les

(1) O. Mayer et A. Myller, *loc. cit.*

(2) *Ann. Éc. Norm. sup.*, 42, 1925, p. 379-390.

repères auto-duals pour les transformations asymptotiques où l'on met en évidence les courbes et les surfaces (réglées) de M. Tzitzéica. Les invariants correspondants s'imposent par les formules analogues à celles de Frenet.

Pendant la rédaction d'une publication plus étendue, nous sommes informés que M. P. Delens a fait une Communication à l'Académie royale de Belgique ([1]) dans laquelle on trouve quelques-unes de nos préoccupations.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *De l'importance, dans les applications, des noyaux échappant à la théorie de Fredholm.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Hadamard.

D'après l'un des théorèmes les plus importants de la théorie de Fredholm, toute solution d'une équation intégrale homogène

$$X(M)=\int_W K_1(M,Q)\,X(Q)\,dQ$$

est une combinaison linéaire d'un nombre fini fixe de solutions linéairement indépendantes,

$$X(M)=\sum_{i=1}^{i=n} B_i A_i(M).$$

Il en résulte, en particulier, comme on sait [et comme on le voit en posant $X(M)=K_1(M,P)$], que tout noyau identique à son premier itéré est de rang fini, c'est-à-dire que si $K_1 \equiv K_2$, $K_1$ est de la forme

$$K_1(M,P)=\sum_{i=1}^{i=n} A_i(M)\,B_i(P),$$

On a déjà rencontré, dans les applications, des noyaux auxquels la théorie de Fredholm ne s'applique pas. Nous allons signaler une catégorie de tels noyaux, qui nous paraît nouvelle et qui se présente dans le problème des probabilités en chaîne dont l'application est d'un caractère très général.

Dans une conférence récente (non publiée) à la Société de Physique, M. Hostiňsky a insisté sur le caractère fondamental de l'équation fonctionnelle obtenue par S. Chapman ([2]) pour le problème particulier de la diffusion.

---

([1]) *Bull. de la classe des Sc.*, **20**, 1934, p. 30-38.

([2]) *Proc. Royal. Society*, A, **119**, 1928, p. 39, équation (10).

D'après M. Hostinsky, il faut envisager la nécessité de remplacer de nombreuses équations aux dérivées partielles de la physique mathématique par des équations fonctionnelles du type de celle de Chapman, qui exprime directement une forme du principe de Huygens. Or nous allons voir que des solutions très générales de l'équation de Chapman peuvent être considérées comme des noyaux identiques à leurs itérés et que, si l'on tient compte des conditions physiques à réaliser, elles ne peuvent être de rang fini.

On peut écrire l'équation de Chapman sous la forme

$$\Phi(E, S; F, T) = \int_V \Phi(E, S; G, U)\, \Phi(G, U; F, T)\, dG.$$

en représentant par $\int_v \Phi(E, S; F, T)\, dF$ la probabilité pour qu'un certain système matériel passe d'un état E à l'époque S, à l'un quelconque F, à l'époque T, des états d'un certain ensemble $v$ d'états. Dans l'équation de Chapman, V est l'ensemble des états possibles, ensemble qui forme une certaine région de l'espace à $\nu$ dimensions, $\nu$ étant le nombre de paramètres définissant le système. Dans le cas où $S = T$, on voit, en prenant $v$ très petit, que $\Phi(E, S; E, S)$ est nul pour $E \neq F$, mais doit être infini pour $E \equiv F$.

Or, soit $\theta(S)$ une fonction de S continue, croissant de 0 à 1 et $S = \Psi(s)$ sa fonction inverse. Posons

$$\varphi(E, s; F, t) \equiv \Phi[E, \Psi(s); F, \Psi(t)],$$

On aura

$$\varphi(E, s; F, t) = \int_V \varphi(E, s; G, u)\, \varphi(G, u; F, t)\, dG.$$

Cherchons les solutions de cette équation, valables quelles que soient les valeurs de $s, u, t$, entre 0 et 1 (et non seulement pour $0 \leqq s \leqq u \leqq t \leqq 1$). Alors on pourra multiplier par $du$ et intégrer de 0 à 1. D'où

$$\varphi(E, s; F, t) = \int_0^1 \int_V \varphi(E, s; G, u)\, \varphi(G, u; F, t)\, dG\, du$$

ou

$$K_1(M, P) = \int_W K_1(M, Q)\, K_1(Q, P)\, dQ,$$

en appelant M, P, Q les couples E, $s$; F, $t$; G, $u$, en désignant par W le domaine parcouru par M (quand E parcourt V et $s$ varie entre 0 et 1) et en posant

$$K_1(M, P) \equiv \varphi(E, s; F, t) \equiv \Phi[E, \theta(S); F, \theta(T)].$$

Ainsi $K_1$ est un noyau identique à son itéré $K_2$ sur W et, d'après ce qui précède, $K_1$ doit être infini quand $M \equiv P$.

Mais si $K_1$ était de rang fini :

$$K_1(M, P) = \sum_{j=1}^{j=n} A_j(M) B_j(P),$$

il en résulterait une solution de l'équation de Chapman de la forme

$$\Phi(E, s; F, t) = \sum_{j=1}^{j=n} a_j(E, s) b_j(F, t).$$

Si cette somme était infinie pour $F \equiv E$, $t \equiv s$ quels que soient E sur $v$ et $s$ sur (0, 1), alors $\Phi(E, s; F, t)$ serait aussi infinie quels que soient E, F sur V et $s, t$ sur 0, 1. Les solutions du problème physique (du moins, celles qui sont valables pour $s, u, t$ dans un ordre quelconque) ne peuvent donc conduire qu'à *des noyaux* $K_1$ *de rangs non finis et pourtant respectivement identiques à leurs itérés*.

Dans un autre Recueil, nous montrerons que de telles solutions existent et nous en donnerons un exemple simple satisfaisant aussi aux autres conditions du problème des probabilités en chaîne, savoir :

$$\Phi(E, s; F, t) \geqq 0; \qquad \int_V \Phi(E, s; F, t)\, dF = 1.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La géométrisation des systèmes de Pfaff.* Note de M. **G. Vranceanu**, présentée par M. Élie Cartan.

Supposons, en accord avec une Note précédente [1], que nous ayons un système de Pfaff S ($ds^h = 0$, $h = 1, 2, \ldots, m$), à décomposition minimale unique, dont aucun covariant $\Delta s^h (\bmod ds^h)$ n'a de facteurs communs avec les autres. Pour un tel système, qu'on peut appeler séparable, chaque covariant peut être réduit à la forme canonique et nous avons en particulier

(1) $$\Delta s^1 = [d\sigma^1\, d\sigma^2] + \ldots + [d\sigma^{2p_1-1}\, \delta\sigma^{2p_1}].$$

Quant à la classe du système, elle est égale à $m + 2p$,

$$p = p_1 + p_2 + \ldots + p_m,$$

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1112.

et nous avons $p \geqq m$. Les formes $d\sigma^1$, $d\sigma^2$, ..., $d\sigma^{2p_1}$ sont déterminées abstraction faite d'une forme additive quelconque dans les $ds^h$, mais en considérant le covariant $\Delta s^1 \pmod{ds^1}$, on peut choisir les $d\sigma$ de façon que ce covariant ne contienne pas de termes de la forme $[d\sigma \delta s_h]$ $(h = 2, \ldots, m)$.

En procédant de la même manière avec les autres covariants $\Delta s^2$, ..., $\Delta s^m$, on voit facilement que le groupe de transformations de formes de Pfaff, qui conserve ces covariants ainsi nommés, est un sous-groupe du groupe qui conserve le système

$$ds^1 = d\sigma^1 = d\sigma^2 = \ldots = d\sigma^{2p_1} = 0, \tag{2}$$

et les systèmes analogues relatifs aux covariants $\Delta s^2$, ..., $\Delta s^m$. Or nous savons (1) que le groupe (et à plus forte raison un de ses sous-groupes) qui conserve deux ou plusieurs systèmes de Pfaff complémentaires et leurs systèmes dérivés (en appelant complémentaires deux ou plusieurs systèmes dans $n$ variables, dont la réunion nous fournit $n$ équations indépendantes), possède une connexion affine. Cette connexion affine est complète si les systèmes n'ont pas de combinaisons intégrables.

Nous avons ainsi le théorème :

*Si le système dérivé* S′ *de* S *est nul et si le système* S *est séparable, il peut être géométrisé, c'est-à-dire il détermine dans l'espace de ses* $m + 2p$ *variables une connexion affine, qui est complète, si les systèmes tels que* (2) *n'ont pas de combinaisons intégrables.*

Dans ce dernier cas, le problème d'équivalence de deux systèmes S se réduit au problème bien connu d'équivalence de deux espaces à connexion affine, auquel on associe un certain nombre de relations en termes finis.

Comme exemple d'un système géométrisable, nous avons le cas d'un système de deux équations de classe six, dont les covariants normés peuvent s'écrire

$$\Delta s^1 = [ds^3 \delta s^4] + [ds^2, m\,\delta s^5 + n\,\delta s^6] \quad \pmod{ds^1},$$
$$\Delta s^2 = [ds^5 \delta s^6] + [ds^1, p\,\delta s^3 + q\,\delta s^4] \quad \pmod{ds^2}.$$

Par conséquent, on peut affirmer que les formules d'équivalence de deux de ces systèmes contiennent seulement des constantes arbitraires, si aucun des systèmes $ds^1 = ds^3 = ds^4 = 0$ et $ds^2 = ds^5 = ds^6 = 0$ n'admet de combinaison intégrable.

La condition d'être séparable, suffisante pour la géométrisation de S,

(1) *Bull. de la Fac. des Sc.*, *Cernautzi*, 6, 1932, p. 188.

n'est pas nécessaire. En effet, considérons deux équations de classe paire $2p+2\,(p \geqq 2)$. Leurs covariants peuvent s'écrire

$$\Delta s^1 = [d\sigma^1\,\delta\sigma^2] + \ldots + [d\sigma^{2p-1}\,\delta\sigma^{2p}],$$
$$\Delta s^2 = \lambda_1[d\sigma^1\,\delta\sigma^2] + \ldots + \lambda_p[d\sigma^{2p-1}\,\delta\sigma^{2p}],$$

les quantités $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$ étant les racines d'une certaine équation (¹). Si $\lambda_1$, $\lambda_2$ sont deux racines distinctes du plus grand ordre de multiplicité, on obtient une décomposition minimale unique en prenant comme équations.

$$d\bar{s}^1 = ds^2 - \lambda_2\,ds^1 = 0, \qquad d\bar{s}^2 = ds^2 - \lambda_1\,ds^1 = 0.$$

Le système peut être géométrisé, car on peut le normer de façon que son groupe laisse invariants les systèmes

$$d\bar{s}^1 = d\sigma^1 = d\sigma^2 = 0, \qquad d\bar{s}^2 = d\sigma^3 = d\sigma^4 = 0,$$

et les couples dont les coefficients $\lambda_q - \lambda_1$ sont égaux. Nous aurons ainsi en général $p$ systèmes complémentaires. Les choses changent d'aspect si la classe est impaire $2p+3$, car si $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$ ne sont ni nulles, ni égales, la décomposition minimale, qu'on peut s'arranger de façon à avoir comme covariants $\Delta\bar{s}^1 + \alpha[d\sigma^{2p+1}\,\delta s^3]$, $\bar{\Delta}s^2 + \beta[d\sigma^{2p+1}\,\delta s^1]$, n'est pas unique et le système n'est pas géométrisable. Si nous avons, par exemple, $\alpha = 0$, $\lambda_3 = \lambda_1$, elle est unique, mais contient, en dehors de couples communs, le facteur simple commun $d\sigma^1$ et la géométrisation de notre système dépend du système $ds^1 = ds^2 = d\sigma^1 = 0$. La géométrisation est possible si le covariant $\Delta s^1$ contient le facteur $[d\sigma^2\,\delta\sigma^{2p+1}]$. En conclusion un système est géométrisable toutes les fois qu'on peut s'arranger de façon que son groupe laisse invariants deux ou plusieurs systèmes complémentaires. Pour arriver à cet arrangement, on doit se servir de la décomposition minimale et éventuellement de l'adjonction d'équations telle que $d\sigma^1 = 0$.

Comme exemple d'un système *non géométrisable*, nous avons le cas de deux équations de classe cinq, dont le problème d'équivalence a été étudié par M. E. Cartan (²), comme application de sa méthode générale, qui consiste à associer au système donné, d'une manière invariante, de nouvelles équations et de nouvelles variables.

---

(¹) Voir E. Cartan, *Leçons sur les invariants intégraux*, Paris, 1922, p. 80.
(²) *Annales de l'École Normale*, 27, 1910, p. 109.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions absolument continues généralisées de deux variables.* Note (¹) de M. **Miroslaw Krzyzański**, transmise par M. Émile Borel.

1. M. Looman (²) a effectué la totalisation de la dérivée partout finie d'une fonction de deux variables en appliquant un procédé analogue à celui de M. Denjoy.

Dans la Note présente je vais donner une définition descriptive de l'intégrale qui est l'extension de l'intégrale spéciale de M. Denjoy en introduisant la notion des fonctions de rectangle absolument continues généralisées.

La fonction continue de rectangle $F(R)$ sera dite *absolument continue* sur un ensemble fermé plan $E$, si, étant donné $\varepsilon$ positif, on peut déterminer $\eta > 0$ tel que l'inégalité $\sum_i |R_i| < \eta$ entraîne $\sum_i |F(R_i)| < \varepsilon$ pour chaque système fini de rectangles non empiétants, contenant des points de $E$ et contenus dans $R_E$, le plus petit rectangle bornant $E$.

Nous dirons que la fonction $F(R)$ admet un *accroissement défini* sur l'ensemble fermé $E$, si l'on peut attribuer à chaque ensemble ferme $E' \subset E$ un nombre $A_{E'}$ tel que l'inégalité $\left|\sum_i R_i - E\right| < \eta$, $\eta$ étant suffisamment petit, entraîne $\left|\sum_i F(R_i) - A_{E'}\right|$, pour tout système de rectangles $\{R_i\}$ qui n'empiètent pas, couvrent l'ensemble $E'$ et sont contenus dans le rectangle $R_{E'}$.

Nous dirons qu'une fonction continue $F(R)$ est *absolument continue généralisée* dans un rectangle $R_0$, quand celui-ci est la somme d'ensembles sur lesquels $F(R)$ est absolument continue et admet un accroissement défini.

2. La fonction $F(R)$ étant absolument continue et admettant un accroissement défini sur l'ensemble fermé $E$, on peut effectuer la décomposition

$$F(R) = \Phi(R) + \Psi(R),$$

où $\Phi(R)$ est absolument continue et égale au nombre $A_{ER}$. Pour déterminer directement $\Psi(R)$ nous introduirons, en suivant le procédé de M. Looman, les *systèmes épuisant le complémentaire* de $E$ à $R$, composés de rectangles

(¹) Séance du 4 juin 1934.

(²) *Fundamenta Math.*, 4, 1923, p. 246.

non empiétants, contenant des points de E sur un des côtés au moins et ne les contenant pas à l'intérieur; la fonction $\Psi(R)$ sera par définition égale à la somme des valeurs de $F(R)$ sur les rectangles de ce système.

Cette décomposition permet de démontrer le théorème suivant :

*La fonction* $F(R)$ *absolument continue généralisée dans le rectangle* $R_0$ *admet presque partout dans ce rectangle la dérivée de M. Banach.*

De plus, on démontre, que la fonction absolument continue généralisée est déterminée par sa dérivée connue presque partout.

3. La fonction $f(x, y)$ est *intégrable* D′ dans le rectangle $R_0$, quand elle est égale presque partout dans $R_0$ à la dérivée, au sens de M. Banach [1], d'une fonction $F(R)$ absolument continue généralisée.

Nous avons donc

$$F(R_0) = D' \iint_{R_0} f(x, y)\, dx\, dy.$$

On peut montrer que *la dérivée de M. Looman, supposée finie partout, est intégrable* D′.

4. Nous dirons que les séries de valeurs de $F(R)$ pour les suites de rectangles $\{R_i\}$ d'une famille $\mathcal{F}$ *convergent régulièrement*, si à chaque nombre $\varepsilon > 0$ correspond un nombre $\eta > 0$ tel que l'inégalité $\sum_{i=\mathfrak{N}}^{\infty} |R_i| < \eta$ entraîne $\sum_{i=\mathfrak{N}}^{\infty} |F(R_i)| < \varepsilon$, la suite $\{R_i\}$ étant composée de rectangles non empiétants de la famille $\mathcal{F}$.

La fonction $f(x, y)$ est *intégrable* D′ dans le rectangle $R_0$ s'il existe une fonction continue $F(R)$ telle que chaque ensemble fermé E contienne une portion $\Pi(E, r_0)$ sur laquelle $f(x, y)$ est sommable et les séries des valeurs de $F(R)$ sur les suites de rectangles non empiétants, contenant les points de $\Pi(E, r_0)$ et contenues dans $r_0$, convergent régulièrement et si l'on a

$$F(r_0) = \iint_{\Pi(E, r_0)} f(x, y)\, dx\, dy + \sum_{i=1}^{\infty} F(r_i),$$

où $\{r_i\}$ est une suite quelconque de rectangles épuisant le complémentaire de E à $r_0$.

5. La fonction $F(R)$ sera dite *absolument continue supérieurement* (resp. *inférieurement*) sur l'ensemble fermé E, si, étant donné $\varepsilon > 0$, on peut

(1) *Fundamenta Math.*, 6, 1924, p. 170.

déterminer un nombre $\eta > 0$ tel que l'inégalité

$$\sum_i |R_i| < \eta \quad \text{entraîne} \quad \sum_i F(R_i) < \varepsilon \quad \left(\text{resp. } \sum_i F(R_i) > -\varepsilon\right).$$

pour chaque système $\{R_i\}$ de rectangles non empiétants, contenant des points de E et contenus dans le rectangle $R_E$.

La fonction F(R) est *absolument continue généralisée supérieurement* (*inférieurement*) dans un rectangle $R_0$, quand ce rectangle est la somme d'une suite d'ensembles sur lesquels F(R) est absolument continue supérieurement (inférieurement) et admet un accroissement défini.

Cela posé, nous appellerons *majorante* (*minorante*) d'une fonction, toute fonction U(R)[V(R)] absolument continue généralisée inférieurement (supérieurement) dont la dérivée inférieure (supérieure) est au moins (au plus) égale à $f(x, y)$.

La valeur commune de la borne inférieure des fonctions majorantes et de la borne supérieure des fonctions minorantes est par définition l'*intégrale* P' de $f(x, y)$ dans $R_0$ (1).

On peut montrer que *les intégrales* P' *et* D' *sont équivalentes*.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la totalisation des fonctions de deux variables*. Note (2) de M. **Stefan Kempisty**, transmise par M. Émile Borel.

1. M. H. Looman (3), en étendant aux fonctions de deux variables le calcul totalisant de M. Denjoy, a déterminé la primitive de la fonction dérivée finie

$$f(x, y) = \lim_{h,k \to 0} \frac{F(x+h, y+k) - F(x+h, y) - F(x, y+k) + F(x, y)}{hk}.$$

Nous allons voir que cela est aussi possible quand

$$f(x, y) = \lim_{h,k \to 0} \frac{F(a+h, b+k) - F(a+h, b) - F(a, b+k) + F(a, b)}{hk},$$
$$0 < \alpha \leqq \left|\frac{h}{k}\right| \leqq \frac{1}{\alpha}, \qquad a \leqq x \leqq a+h, \qquad b \leqq y \leqq b+k.$$

(1) Voir J. Ridder, *Math. Zeitschrift*, 34, 1932, p. 234.

(2) Séance du 4 juin 1934.

(3) *Fundamenta Mathematicae*, 4, 1923, p. 246.

Pour montrer cette proposition on doit se borner, dans la définition de la totale, aux rectangles $R(a \leqq x \leqq a+h,\ b \leqq y \leqq b+k)$ tels que le rapport $\rho(R)$ de l'aire $|R|$ à l'aire du plus petit carré contenant R soit au moins égal à $\alpha$.

2. Convenons de dire que $D^{\alpha}_{xy}F$ est la *dérivée de paramètre* $\alpha$ d'une fonction $F(R)$ lorsque

$$D^{\alpha}_{xy}F = \lim_{|R| \to 0} \frac{F(R)}{|R|},$$

le rectangle R contenant le point $(x, y)$ et satisfaisant à la condition $\rho(R) \geqq \alpha$.

Désignons par $F_E(R)$ la fonction égale à $F(R)$ quand le rectangle R contient un point de l'ensemble E et nulle dans le cas contraire.

Soit $R_E$ le plus petit rectangle contenant E. Considérons une subdivision de $R_E$ en rectangles $R_i$ dont les côtés ont des longueurs inférieures à $\delta$. Nous dirons qu'une fonction $F(R)$ a sur E une *variation définie de paramètre* $\alpha$ lorsque la limite

$$(\alpha)\int_{R_E} F_E \quad \text{de la somme} \quad \sum_{i=1}^{n} F_E(R_i)$$

existe pour $\delta$ tendant vers zéro. Si $\alpha = 1$, le rectangle $R_E$ doit être remplacé par un rectangle dont les côtés sont commensurables et tendent vers les côtés de $R_E$.

3. Une fonction $F(R)$ est *sur* E *absolument continue de paramètre* $\alpha$, lorsque $F_E(R)$ est absolument continue pour les rectangles contenus dans $R_E$ et tels que $\rho(R) \leqq \alpha$.

En appliquant à $F_E(R)$ un théorème de M. Burkill ([1]), on voit qu'*une fonction* $F(R)$ *continue dans* $R_E$, *absolument continue de p.* $\alpha$ *sur un ensemble fermé* E *et ayant sur* E *une variation définie de p.* $\alpha$ *est dérivable de p.* $\alpha$ *presque partout sur* E *et sa dérivée* $D^{\alpha}_{xy}F$ *est sommable sur* E. De plus nous avons

$$(\alpha)\int_R F_E = \int\int_R D^{\alpha}_{xy} F_E\, dx\, dy = \int\int_{ER} D^{\alpha}_{xy} F\, dx\, dy$$

pour chaque rectangle R contenu dans $R_E$.

En posant $F^E = F - F_E$, on obtient la décomposition suivante de la fonc-

---

([1]) *Proceedings Lond. Math. Soc.*, 22, 1923, p. 301, th. 7-2.

tion F(R), supposée additive,

$$F(R)=\int\int_{RE} D^{\alpha}_{xy} F\, dx\, dy + (\alpha)\int_{R} F^{E}.$$

4. Disons qu'une fonction F(R), additive et continue dans $R_0$, est sur $R_0$ *absolument continue généralisée de p.* $\alpha$ (ACG$\alpha$ sur $R_0$) lorsque $R_0$ est la somme d'une suite d'ensembles fermés sur lesquels F est absolument continue de p. $a$ et a une variation définie de p. $\alpha$.

En vertu du paragraphe 3, toute fonction ACG$\alpha$ sur R est dérivable de p. $\alpha$ presque partout dans $R_0$.

Nous dirons que la fonction F(R) est *la totale indéfinie de p.* $\alpha$ d'une fonction $f(x, y)$ dans $R_0$, lorsque F(R) est continue, ACG$\alpha$ sur $R_0$ et quand on a

$$D^{\alpha}_{xy} F = f(x, y)$$

presque partout dans $R_0$. Il est aisé de voir qu'une fonction $\Phi$(R) est ACG$\alpha$, dès qu'on a

$$(1) \qquad \overline{D^{\alpha}_{xy}}\Phi < \infty, \qquad \underline{D^{\alpha}_{xy}}\Phi > -\infty$$

à peu près partout, c'est-à-dire sauf aux points d'un ensemble dénombrable.

Par suite, *si* $D^{\alpha}_{xy}\Phi$ *est à peu près finie, la fonction primitive* $\Phi$ *est égale à la totale* F *de* $f(x, y)$.

5. Il suit de la décomposition, citée au paragraphe 3, que, $f(x,y)$ étant supposée sommable sur un segment $\pi$(E, R) d'un ensemble fermé E et sa totale étant définie dans les rectangles extérieurs à E, cette totale est déterminée dans R par l'égalité

$$F(R) = \iint_{RE} f(x, y)\, dx\, dy \dotplus (\alpha)\int_{R} F^{E}.$$

Cette propriété peut servir de définition récurrente de la totale de $f(x, y)$.

6. On peut montrer qu'une fonction F(R) est dans $R_0$ *absolument semi-continue supérieurement* (inférieurement) *généralisée* de p. $\alpha$ quand on a, à peu près partout dans $R_0$, la première (la seconde) des inégalités (1). Il en résulte que l'intégrale de M. Perron, définie au moyen des dérivées de paramètre $\alpha$, est équivalente à l'intégrale définie par M. M. Krzyzanski, pourvu qu'on se borne aux rectangles R tels que $\rho(R) \geqq \alpha$ (¹). En prenant $\alpha = 1$, on voit que *l'intégrale de M. Perron, définie par M. Saks dans sa* Théorie de l'intégrale, *est la totale de paramètre* 1.

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2058.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un procédé convergent d'approximations successives pour déterminer les polynomes d'approximation.* Note [1] de M. E. Remes, transmise par M. Émile Borel.

I. Il s'agira ici de la meilleure approximation (au sens de Tchebichef) d'une fonction continue donnée $f(x)$ sur l'ensemble C des points d'un segment donné $(a, b)$ à l'aide d'un polynome $\pi_n(x)$ de degré $\leqq n$.

$p_n(x)$ étant quelque polynome (non pas d'approximation minimum) de degré $\leqq n$, désignons par $\Delta(x)$ la différence $f(x)-p_n(x)$ et par L la valeur maximum de $|\Delta(x)|$ sur C. Soient $E \subset C$ et $G \subset C$ les ensembles fermés de points qui vérifient respectivement les inégalités

$$\Delta(x) \geqq R \quad \text{et} \quad \Delta(x) \leqq -R,$$

R signifiant un nombre positif moindre que L. Soit H le plus petit segment renfermant $E+G$. L'ensemble de points $H-(E+G)$ se compose d'un nombre fini ou dénombrable d'intervalles. Désignons par $I_1, I_2, I_3, \ldots$, ceux d'entre eux *qui confinent en même temps avec* E *et* G. D'abord on pourra assigner *a priori* une borne inférieure positive $2l$, indépendante de $p_n(x)$, aux longueurs de ces intervalles $I_1, I_2, \ldots$, la quantité $2l$ dépendant du nombre R de telle manière qu'elle ne puisse tendre vers zéro que simultanément avec R lui-même. Pour le voir, il suffit de prendre en considération que, $f(x)$ étant donné et les polynomes $p_n(x)$ soumis à la seule condition de ne surpasser sur C, en valeur absolue, le double [2] de la valeur maximum de $|f(x)|$, les différences $f(x)-p_n(x)$ sont *également continues* sur C. Puis, en ce qui concerne *le nombre* des intervalles $I_1, I_2, \ldots$, s'il est plus grand que $n$, le nombre R est sûrement moindre à la meilleure approximation $\rho$, en vertu d'un théorème connu, dû à C. de la Vallée Poussin. Nous désignerons par A la plus grande valeur de la borne inférieure qui peut être assignée de cette manière, $p_n(x)$ étant donné, à la meilleure approximation $\rho$ par l'application du théorème de M. de La Vallée Poussin.

II. En assignant deux nombres $R_1$ et $R_2$ sous conditions $A < R_1 < R_2 < L$, nous désignerons par $E_1, G_1$; $E_2, G_2$ les quatre ensembles de points qu'on obtient au lieu de E, G du numéro précédent en remplaçant le nombre R une fois par $R_1$ et l'autre fois par $R_2$. En notant par $I_1, I_2, \ldots, I_m$ $(m \leqq n)$

---

[1] Séance du 4 juin 1934.

[2] Cf. E. Borel, *Leçons sur les fonctions de variables réelles*, etc., p. 82-92, Paris, 1905, 1928.

les intervalles se rapportant au nombre $R_1$, nous pourrons *abaisser l'approximation* L, en ajoutant au polynome $p_n(x)$ une correction $\omega_n(x)$ sous la forme suivante ([1])

$$\omega_n(x) = \lambda q_{n-m}(x)(x-\xi_1)(x-\xi_2)\ldots(x-\zeta_m).$$

Ici $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_m$ sont quelques points pris respectivement dans $I_1$, $I_2, \ldots, I_m$ sous la seule condition que la distance minimum $\partial$ entre l'ensemble des points $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_m$ et l'ensemble $E_2 + G_2$ soit au-dessus d'un certain nombre positif fixe. $q_{n-m}(x)$ est un polynome de degré $\leqq n-m$ et de signe constant sur $E_1 + G_1$, soumis en outre à une condition telle que

$$\underset{x \subset E_2+G_2}{\text{Min.}} |q_{n-m}(x)| : \underset{x \subset C-(E_1+G_1)}{\text{Max.}} |q_{n-m}(x)| > r > 0,$$

C signifiant un nombre fixe. Le facteur $\lambda$, plus grand que le quotient de $R_2 - R_1$ par $(b-a)^m$. $\underset{x \subset C-(E_1+G_1)}{\text{Max.}} |q_{n-m}(x)|$, doit être tel qu'on ait

$$\underset{x \subset C-(E_1+G_1)}{\text{Max.}} |\Delta(x) - \omega_n(x)| < R_2.$$

et que, d'autre part, le signe de $\omega_n(x)$ soit positif sur $E_1$, donc négatif sur $G_1$.

On se persuadera aisément qu'en ajoutant $\omega_n(x)$ au polynome $p_n(x)$, nous abaissons l'approximation L par une quantité $\theta(L-A) < \theta(L-\rho)$, où

$$\theta > \min\left\{\frac{L-R_2}{L-A}, \frac{R_2-R_1}{L-A} r \left(\frac{\partial}{b-a}\right)^n\right\}.$$

Donc la différence $L-\rho$ *tendra vers zéro*, du moins en progression géométrique ([2]) lors d'une application *itérative* de l'algorithme ici défini, à condition de choisir les nombres $R_1$ et $R_2$ de telle façon que les quantités $L - R_2/L - A$, $R_2 - R_1/L - A$ et, facultativement, $R_1$ restent au-dessus de certaines bornes positives.

La convergence du procédé est ainsi assurée sous conditions assez larges quant au choix de $R_1$, $R_2$, $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_m$, $q_{n-m}(x)$, $\lambda$. Cela permet, d'une part, de laisser arriver des approximations assez considérables dans certains calculs et, d'autre part, de poser quelques conditions complémentaires pour assurer une convergence *assez rapide*. A cette dernière question nous reviendrons très prochainement dans un travail plus étendu.

---

([1]) L'idée de la forme *explicite* de la correction est due à M. E. Borel (*op. cit.*).

([2]) Nous laissons de côté le cas trivial, où $\rho = 0$.

Le procédé ici exposé est susceptible de généralisations variées pour d'autres problèmes analogues. Il est encore applicable, *mutatis mutandis*, au cas d'une fonction $f(x)$ discontinue, ainsi que dans certains cas de fonctions de plusieurs variables.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les singularités des fonctions holomorphes dans un cercle.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

Je me propose de démontrer l'existence de fonctions $f(z)$ holomorphes dans le cercle C, $|z| < 1$, satisfaisant aux deux conditions suivantes : 1° $f(z)$ n'est pas borné pour $|z| < 1$; 2° il existe dans C un chemin $\Gamma$ s'enroulant indéfiniment autour de la circonférence de C sur lequel $f(z)$ est borné.

Dans l'étude du domaine décrit par $Z = f(z)$, deux chemins tels que $\Gamma$ devront être considérés comme distincts s'ils ne se coupent pas pour $|z| > |z_0|$ et s'il existe un chemin de détermination infinie dans chacun des deux domaines spiraliques qu'ils déterminent dans la couronne $|z_0| < |z| < 1$. On a une définition analogue pour deux chemins de détermination infinie. On peut construire des fonctions admettant $k$ chemins d'indétermination finie distincts séparant $k$ chemins de détermination infinie; la surface de Riemann du type hyperbolique définie par Z présente $k$ singularités transcendantes à l'infini, leur voisinage correspondant à des domaines spiraliques du plan des $z$.

Partant d'une spirale analytique, on définit une transformation conforme du voisinage d'une droite sur un domaine spiralique. Pour fixer les idées, prenons dans le voisinage de l'axe $\xi = 0$, $\eta > 0$,

$$z = e^{\zeta - \frac{1}{\sqrt{\zeta}}}, \qquad \zeta = \xi + i\eta, \tag{1}$$

avec $\sqrt{\zeta} = (1+i)\sqrt{\eta/2}$ pour $\xi = 0$. (1) représente biunivoquement le domaine $\Delta$ ($\eta > \eta_0$, $|\xi|\eta^2 < 1$) sur un domaine spiralique D. En deux points homologues de $\Delta$ et D le rapport des arcs homologues tend vers 1 lorsqu'on s'éloigne indéfiniment dans $\Delta$.

Introduisons d'autre part une fonction $g(\zeta)$, holomorphe dans $\Delta$, qui croisse indéfiniment très rapidement lorsque $\xi = 0$, $\eta \to \infty$, mais telle que $\Delta$ contienne aussi des chemins sur lesquels $g(\zeta)$ tende rapidement

vers zéro. Pour préciser, prenons

$$g(\zeta) = e^{e^{e^{-i\zeta}}}$$

qui tend vers o plus vite que

(2) $$e^{-e^{\frac{1}{2}e^{\eta}}}$$

lorsqu'on s'éloigne indéfiniment dans $\Delta$ pourvu que

$$|e^{\eta}\sin\xi - \pi - 2h\pi| < \frac{\pi}{4} \qquad (h = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots),$$

mais qui croît indéfiniment si

(3) $$|e^{\eta}\sin\xi - 2h\pi| < \alpha < \frac{\pi}{2}.$$

On déduit de là le comportement dans D de $F(z) = g[h(z)]$ où $h(z)$ est la fonction inverse de (1). $p$ étant un entier positif fixe ou o, appelons $\gamma(a, b)$ la courbe de D correspondant à la frontière du domaine de $\Delta$ défini par

$$|e^{\eta}\sin\xi| < \pi + 2p\pi + a, \qquad 0 < a < \frac{\pi}{4}, \qquad \eta > b > \eta_0.$$

$\gamma(a, b)$ définit un domaine spiralique $I(a, b)$ intérieur à D et un domaine extérieur $E(a, b)$ appartenant à C. La rapidité de décroissance de (2) montre que l'intégrale

$$\frac{1}{2i\pi}\int_{\gamma(a, b)} \frac{F(u)}{u - z}\,du$$

définit une fonction $f(z)$ holomorphe dans $E(a, b)$ et une fonction $f_1(z)$ holomorphe dans $I(a, b)$. Lorsque $|z|$ tend vers 1, $f(z)$ et $f_1(z)$ restent respectivement bornées pourvu que

$$|e^{\eta}\sin\xi \pm (\pi + 2p\pi + a)| > \varepsilon > 0.$$

En faisant croître $b$ on prolonge $f(z)$ dans tout le cercle C. $b$ étant de nouveau fixe, on voit que le prolongement de $f(z)$ dans $I(a, b)$ est donné par $f_1(z) + F(z)$. Enfin en faisant varier $a$ on trouve que $f(z)$ est borné pour $|z| < 1$ sauf dans les domaines correspondant à (3) avec $\alpha = \pi/2$ $(h = 0, \pm 1, \ldots, \pm p)$, à l'intérieur desquels $|f(z)| \to \infty$.

La fonction $f(z)$ satisfait aux conditions 1° et 2°. Il y a $2p + 1$ domaines distincts de détermination infinie séparés par $2p + 1$ domaines d'indétermination finie ou de détermination finie représentables sur une bande; la surface de Riemann de $f(z)$ a au plus $2p + 1$ singularités transcendantes à dis-

tance finie. L'étude de la dérivée montre en outre que (dans l'exemple actuel) les $2p+1$ singularités transcendantes à l'infini sont isolées des singularités algébriques possibles.

Les fonctions $f(z)$ construites par cette méthode doivent évidemment être rapprochées des fonctions entières de Mittag-Leffler ou de leurs généralisations; ce sont toujours des fonctions d'ordre infini dans le cercle C. Chaque point de la circonférence de C est un point de Borel direct, mais le comportement de la fonction dans le voisinage de chacun de ces points est assez différent de celui des fonctions étudiées jusqu'ici, notamment celles de Fatou.

HYDRAULIQUE. — *Sur le réglage de la puissance des turbines hydrauliques appelées à fonctionner sous des hauteurs de chute variables.* Note [1] de M. **O. Yadoff**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons indiqué [2] que, pour toute une série de turbines hydrauliques hélico-centripètes, la courbe représentative $N=f(H)$, de la puissance utile en fonction de la hauteur de chute, est, à un haut degré de précision, une droite, et que toutes ces droites pivotent autour d'un point $-N_p$ situé sur l'axe des puissances. Ce point a été interprété comme fixant la puissance qu'il est nécessaire de communiquer à la turbine, supposée en mouvement à la vitesse considérée, pour vaincre les résistances passives.

Dès lors, en poursuivant cette étude, nous avons constaté que la même loi de proportionnalité se présente également pour les turbines hélicoïdes du type hélice, indépendamment des aubes qui peuvent être fixes ou mobiles.

Il est intéressant de signaler qu'en employant la méthode de M. Bergeron [3] sur les variations du débit Q, on peut aboutir aux mêmes résultats si l'on considère les deux paraboles $N=f(Q)$ et $H=\varphi(Q)$ ayant un même axe de symétrie.

En nous basant sur les considérations ci-dessus, nous avons établi un procédé de réglage assurant pratiquement la constance de la puissance même pour des variations brusques et fréquentes de la hauteur de chute.

---

(1) Séance du 4 juin 1934.

(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 606.

(3) *Congr. intern. Mécanique générale*, Liége, 1930, p. 3.

Pour une ouverture quelconque bien déterminée, la puissance varie selon la relation $N = H/H_0(N_m + N_p) - N_p$; où $N_m$ est la moyenne arithmétique des puissances maximum $N_2$ et minimum $N_1$ admises; $N_p$, la puissance perdue par frottement, et $H_0$, la hauteur de chute minimum correspondant à la puissance $N_1$; ceci lorsque l'ouverture du distributeur est maintenue constante à la valeur $m_0$.

Avec l'augmentation des H, le point de fonctionnement se déplace

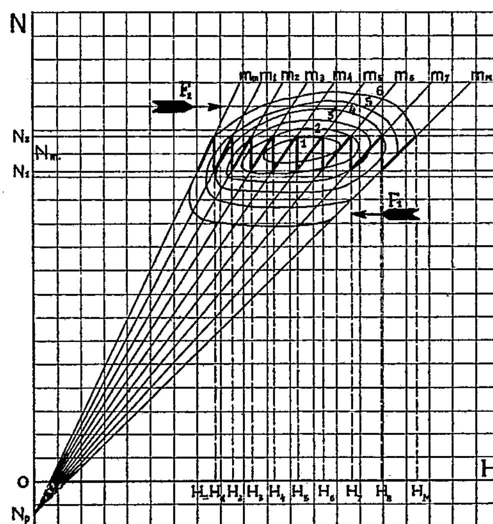



Diagramme de fonctionnement d'une turbine hydraulique.

linéairement du point $(H_0, N_1)$ au point $(H_1, N_2)$; à ce moment, pour que la puissance limite $N_2$ ne soit pas dépassée, l'intervention du régulateur s'impose. Le réglage proprement dit consiste dans la détermination d'une nouvelle ouverture $m_1$ de façon que pour la hauteur de chute $H_1$, la droite $N = f(H)$ passe brusquement du point $(H_1, N_2)$ au point $(H_1, N_1)$. On peut répéter le même raisonnement pour toute une série de droites issues du point $-N_p$. Comme il résulte du diagramme de la figure ci-dessus, chaque ouverture $m_m$, $m_1$, $m_2$, etc, correspondant à des droites de puissance $N = f(H)$ passant successivement par des points $N_1$ et $N_2$ et pivotant toutes autour du point $-N_p$, peut être facilement déterminée d'après la relation ci-dessous.

Pratiquement, pour une même hauteur de chute H, les débits d'eau Q peuvent être considérés comme proportionnels aux ouvertures $m$ du distri-

buteur, de sorte que pour la hauteur $H_1$, par exemple, nous aurons :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{N_1 Q_2 H_1}{N_2 Q_1 H_1} = \frac{N_1 m_2}{N_2 m_1}, \qquad \text{d'où} \qquad m_n = a \frac{\eta_{n-1}}{\eta_n} m_{n-1}$$

avec $a = N_1/N_2$, $m_n$ étant une ouverture quelconque.

Les valeurs du rendement $\eta$ se déterminent directement des courbes en collines tracées sur le même diagramme. Ces courbes en collines ou courbes d'égal rendement caractérisent le genre de la turbine et se tracent, en général, par la voie expérimentale.

Le réglage de puissance que nous envisageons ici doit se faire corrélativement avec le réglage de vitesse connu depuis longtemps.

Pratiquement on peut réaliser le réglage de la puissance en faisant varier l'admission d'eau. Tout d'abord on peut supposer la turbine, genre hélico-centripète, munie normalement de ses aubes directrices mobiles commandées par le régulateur de vitesse et débrayées de celui-ci lorsque l'on désire changer brusquement l'ouverture. A cet effet le système de directrices est embrayé avec le dispositif de réglage de puissance qui lui-même peut être commandé soit par un système flotteur, soit par un appareil horaire. On peut réaliser également le réglage simultané de la puissance et de la vitesse en envisageant à l'entrée de la bâche spirale une directrice de profil de moindre résistance hydrodynamique (1); c'est à cette directrice qu'on assignera le réglage du débit en fonction des varations de la hauteur de chute.

Enfin on peut envisager les aubes directrices et motrices mobiles, les unes commandées par le régulateur de vitesse, les autres par celui de la puissance. Ce mode d'action semble pouvoir s'adapter particulièrement bien aux turbines hélices.

Dans le cas de turbines à impulsion du type Pelton, le réglage peut s'effectuer tout simplement en agissant sur le système servo-moteur.

Cette question du réglage de la puissance en fonction de la hauteur de chute variable peut avoir un intérêt pour les installations éventuelles mare-motrices et, en général, pour les installations hydroélectriques alimentées par des lacs-réservoirs ou bassins d'accumulation.

---

(1) A. Ténot, *Science et Industrie*, 234, 1933, p. 337.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'écoulement permanent, à deux dimensions, d'un courant d'air très rapide autour d'un obstacle cylindrique.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Henri Villat.

Nous envisagerons seulement le cas de filets réguliers, sans dissipation appréciable d'énergie. On pourra alors admettre approximativement, entre la pression $p$ et le volume spécifique $v$, la loi adiabatique des gaz parfaits

(1) $$pv^{\gamma} = \text{const.} \quad \text{ou} \quad p^{k}v = \text{C}.$$

La perturbation apportée par l'obstacle, dans un courant d'air normalement rectiligne et uniforme, est entièrement définie si l'on connaît le dessin complet des lignes de courant dans un plan perpendiculaire aux génératrices de l'obstacle cylindrique, car $p$, $v$ et la vitesse d'écoulement V peuvent être déterminés, tout le long de chaque filet, grâce à l'équation (1) jointe à l'équation de Saint-Venant et à l'équation de continuité.

A ce mode de détermination correspond la méthode expérimentale d'étude par l'émission, dans le courant d'air, de filets hétérogènes visibles soit directement, soit par stries de réfraction. Malheureusement ces émissions peuvent perturber le courant même que l'on étudie. De plus, et surtout, elles paraissent peu applicables, pratiquement, aux très grandes vitesses.

Il est, en principe, préférable de faire des mesures portant directement sur le courant d'air lui-même, sans y rien modifier. C'est ce que l'on fait dans la méthode de mesure interférentielle de la densité de l'air. Sa sensibilité croît d'ailleurs aux très grandes vitesses, qui s'accompagnent de variations de densité considérables.

Les données fournies par cette très intéressante méthode expérimentale peuvent être représentées par un réseau chiffré de courbes isobares.

Ce réseau définit complètement, lui aussi, la perturbation. Mais on déduit plus facilement le réseau des isobares du réseau des lignes de courant (par le calcul des gradients de pression longitudinaux) que le réseau des filets du réseau des isobares (car les gradients de pression donnent, non pas les vitesses V, mais les accélérations).

On peut chercher à préciser analytiquement quelles relations générales existent entre ces deux réseaux caractéristiques de la perturbation. Elles

seront fournies par les deux équations qui lient, d'une part le gradient tangentiel de pression à la variation de section du filet, et d'autre part son gradient normal à la courbure des lignes de courant.

Soient

$$f(x, y) = \xi \tag{2}$$

et

$$\varphi(x, y) = p \tag{3}$$

les équations des deux réseaux. On obtient, par des calculs faciles qui seront précisés ailleurs, en négligeant la pesanteur, et en posant $B = V_0/\rho_0$ et $C = p_0^k \rho_0$, où l'indice O désigne un point très éloigné de l'obstacle : d'une part, à partir de l'équation tangentielle, la relation

$$\begin{aligned} &-kB^2C^2(f_x'^2 + f_y'^2)\varphi^{-(k+1)}\varphi_x' f_y' + B^2C^2\varphi^{-k}(f_x' f_y' f_{x^2}'' + f_y'^2 f_{xy}'') + C\varphi_x' f_y' \\ &= -kB^2C^2(f_y'^2 + f_x'^2)\varphi^{-(k+1)}\varphi_y' f_x' + B^2C^2\varphi^{-k}(f_x' f_y' f_{y^2}'' + f_x'^2 f_{xy}'') + C\varphi_y' f_x' \end{aligned} \tag{4}$$

et d'autre part, à partir de l'équation transversale, la relation

$$\varphi_x' f_x' + \varphi_y' f_y' - B^2C\varphi^{-k}(f_x'^2 f_{y^2}'' + f_y'^2 f_{x^2}'' - 2 f_x' f_y' f_{xy}'') = 0. \tag{5}$$

Chacune de ces deux équations aux dérivées partielles est du premier ordre en $\varphi$ si $f$ est donné, et du deuxième ordre en $f$ si $\varphi$ est donné.

Si l'on éliminait l'une ou l'autre des deux fonctions inconnues $f$ et $\varphi$ entre ces deux équations (4) et (5), on obtiendrait, pour la fonction restante, une équation générale aux dérivées partielles caractéristique des écoulements de gaz parfait sans dissipation d'énergie.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la présence des raies interdites d'Argon IV dans le spectre des nébuleuses.* Note de MM. **P. Swings** et **B. Edlén**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les travaux récents relatifs à P I [1] et Cl III [2], joints aux données connues relatives à S II [3], permettent, en considérant la séquence isoélectronique

P I, S II, Cl III, A IV,

---

[1] C. C. Kiess, *Bureau of Standards Journ. of Research*, 8, 1932, p. 393.
[2] I. S. Bowen, *Physical Review*, 43, 1934, p. 401.
[3] Bacher et Goudsmit, *Atomic Energy States*, p. 399.

d'estimer les fréquences des raies interdites de A IV dans la configuration $3s^2\,3p^3$; les résultats sont indiqués dans le Tableau I, les valeurs inscrites étant les nombres d'onde; les nombres entre crochets sont des estimations.

TABLEAU I. — *Configuration* $3s^2\,3p^3$.

| | $^4S^0_{\frac{3}{2}} - {}^2D^0_{\frac{5}{2}}$. | $^4S^0_{\frac{3}{2}} - {}^2D^0_{\frac{3}{2}}$. | $\Delta\nu$. | $^4S^0_{\frac{3}{2}} - {}^2P^0_{\frac{3}{2}}$. | $^4S^0_{\frac{3}{2}} - {}^2P^0_{\frac{1}{2}}$. | $\Delta\nu$. | $^2D^0_{\frac{5}{2}} - {}^2P^0_{\frac{3}{2}}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P I....... | 11381,3 | 11365,8 | 15,5 | 18752,7 | 18727,2 | 25,5 | 7371,4 |
| S II...... | 14883,4 | 14851,9 | 31,5 | 24572,8 | 24524,2 | 48,6 | 9689,4 |
| Cl III..... | 18120 | 18053 | 67 | 29907 | 29812 | 95 | 11787 |
| A IV..... | [21230] | [21103] | [127] | [35034] | [34862] | [172] | [13804] |

Les raies *nébulaires* $^4S^0 - {}^2D^0$ ont comme longueurs d'onde estimées 4710,3 et 4738,7 ($\pm 10$ Å); leur écartement 127 cm$^{-1}$ peut être considéré comme estimé à quelques cm$^{-1}$ près.

Effectivement, on observe dans plusieurs nébuleuses chaudes et moyennes, un couple de raies λλ 4711,4 — 4740,2, d'écartement 129 cm$^{-1}$ et d'intensités analogues; des estimations assez précises d'intensités relatives sont difficiles par suite du voisinage de la raie intense 4713.14 de He I.

L'identification semble parfaitement autorisée.

Les raies $^4S^0 - {}^2P^0$ sont de longueur d'onde trop courte pour être observées; la raie aurorale rouge $^2D^0 - {}^2P^0$ ne semble pas avoir jusqu'ici été observée.

Pour Argon III et V, il manque encore des données spectroscopiques pour pouvoir examiner si ces éléments manifestent leurs raies interdites dans les spectres de nébuleuses. Tout ce qu'on peut dire à l'heure actuelle en partant des séquences isoélectroniques $3s^2\,3p^4$ et $3s^2\,3p^2$, c'est que :

1° Pour A III, les deux raies $^3P - {}^1D$ doivent être dans le rouge, l'une vers 6600, l'autre vers 7100, l'écartement étant 1118 cm$^{-1}$; la raie transaurorale $^3P_1 - {}^1S_0$ est vers 3370 ($\pm$ 50) Å et la raie aurorale $^1D_2 - {}^1S_0$ vers 6500 Å;

2° Pour A V, le doublet $^3P - {}^1D$ se trouve dans le rouge extrême, l'écartement des composantes valant environ 1290 cm$^{-1}$ la raie aurorale se trouve dans la raie bleue et la raie transaurorale est inobservable (ultraviolette).

A défaut de données directes sur A III et A V, des renseignements plus complets sur les spectres de Cl II d'une part, de P II, S III et Cl IV d'autre part seraient nécessaires.

C'est la première fois que l'Argon est découvert dans un spectre d'astre.

Remarquons que, sur la terre, l'argon est, en volume, environ 500 fois plus abondant que le néon. D'ailleurs, on a constaté un accord général entre les abondances terrestres et cosmiques des différents éléments ; comme le néon est assez abondant dans les nébuleuses et les étoiles B, on pouvait s'étonner de l'absence de l'argon. Cette absence avait suscité récemment des essais d'interprétation de H. N. Russell et D. H. Menzel [1]. L'identification d'argon dans le spectre des nébuleuses chaudes et moyennes présente donc une certaine importance cosmique.

CAPILLARITÉ. — *Indice capillaire de quelques huiles végétales.* Note [2] de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. R. Fosse.

M. R. Dubrisay [3], étudiant le phénomène de Donnan (*Zeits. phys. Chem.*, 31, 1899), a montré qu'il est possible de définir pour chaque acide gras un indice capillaire que l'on peut appeler pouvoir émulsif; on le détermine en mesurant le volume de gouttes obtenues au moyen d'une même burette au sein d'une même solution benzénique de l'acide étudié, d'une part avec l'eau pure, d'autre part avec une solution sodique connue. Le rapport de la différence de ces deux nombres au volume d'une goutte d'eau pure donnera l'indice cherché.

J'ai appliquc cette méthode à l'examen d'un certain nombre d'huiles végétales courantes en mesurant le volume de dix gouttes d'eau, puis de soude N/600, se formant dans une solution benzénique d'huile à 1/100. La vitesse d'écoulement a été de 3 gouttes à la minute.

| | Indice. |
|---|---|
| Huile d'olive vierge | 61 à 65 |
| » lampante | 63 à 69 |
| » raffinée | 27 à 33 |
| » pulpe | 41 à 48 |
| Huile de maïs | 15 à 19 |
| » de soja | 13 |
| » de sésame | 58 |
| » d'arachide | 24 |

Devant les différences énormes constatées entre l'huile d'olive brute et l'huile raffinée, j'ai examiné dix échantillons prélevés sur la même huile,

---

(1) *Proceedings National Academy of Sciences*, **19**, 1933, p. 997.

(2) Séance du 4 juin 1934.

(3) R. Dubrisay et P. Picard, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 589; **178**, 1924, p. 205; R. Dubrisay, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1060 et 1142; **194**, 1932, p. 1076.

avant et après traitement, et provenant chacun de lots suffisamment importants pour obtenir une moyenne approchant de la réalité :

| N°. | Provenance. | Lot. | Indice trouvé. | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Huile brute. | Huile raffinée. |
| 1. | Tunisie | 50 t | 66 | 30 |
| 2. | Guelma-Bone | 50 | 65 | 33 |
| 3. | Guelma-Bone | 50 | 68 | 33 |
| 4. | Sousse | 55 | 69 | 27 |
| 5. | Smyrne | 36 | 68 | 28 |
| 6. | Algérie | 50 | 70 | 29 |
| 7. | Tunisie | 40 | 68 | 33 |
| 8. | Algérie | 50 | 69 | 33 |
| 9. | Algérie | 20 | 63 | 34 |
| 10. | Algérie | 20 | 63 | 34 |

Si l'on prend la moyenne fournie par ces dix échantillons, représentant 421 tonnes d'huiles de provenances diverses, on obtient, pour l'huile brute, un indice de 66,9 et pour l'huile raffinée 31,4, chiffres qui correspondent aux échantillons isolés, de moindre importance, précédemment examinés.

Les huiles vierges, c'est-à-dire l'huile s'écoulant de l'olive sans aucune addition d'eau, présentent un indice légèrement inférieur à celui trouvé pour les huiles brutes mélangées : l'hydrolyse semblerait augmenter l'indice.

Quant aux succédanés de l'huile d'olive, on constate des indices très différents de ceux donnés par cette huile.

Les résultats obtenus semblent permettre d'attribuer aux huiles étudiées un indice capillaire ou pouvoir émulsif caractéristique; la suite des recherches entreprises dira si d'autres huiles semblent fournir des constantes intéressantes.

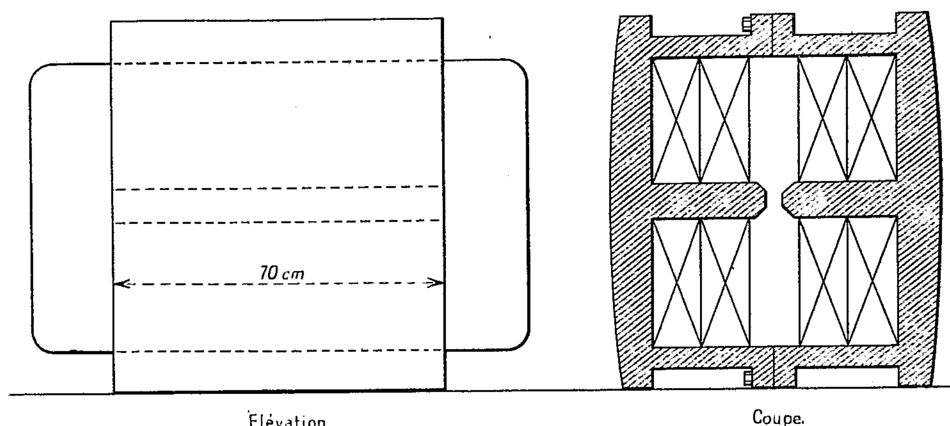
MAGNÉTISME. — *Un nouveau type de puissant électroaimant pour l'étude des biréfringences et des jets atomiques.* Note [1] de M. **René Lucas**, présentée par M. A. Cotton.

Lors de leur découverte de la biréfringence magnétique, MM. Cotton et Mouton ont montré que l'on disposait, par ce phénomène, d'un moyen d'étude très général des structures moléculaires.

---

[1] Séance du 28 mai 1934.

C'est également un moyen d'étude très efficace des changements éventuels que celles-ci peuvent subir. Depuis ces premières recherches, le nombre de celles qui ont été poursuivies s'est trouvé limité par la difficulté d'obtenir des actions optiques notables importantes, de sorte que les principales mesures ont été faites à Bellevue avec le grand électroaimant de l'Académie des Sciences, et aussi à Calcutta avec un électroaimant donnant 21000 gauss dans un entrefer de $33^{cm}$ de long. (Les observations ont été faites dans le dernier cas, seulement en lumière blanche, or la mesure des dispersions est importante.)




J'ai fait construire non seulement pour les mesures de biréfringences mais aussi pour l'étude des jets atomiques (méthode Stern-Gerlach), un électroaimant de forme adaptée à ces mesures et à faible consommation de puissance (voir la figure).

L'entrefer utile est l'espace prismatique laissé vide entre deux longs barreaux de fer parallèles sur une longueur de $70^{cm}$ et une section carrée de $8 \times 8^{mm}$. Les enroulements (5500 spires), répartis en quatre bobines, présentent une résistance de 26 ohms montage série.

Avec une alimentation par une batterie ordinaire de laboratoire (120 volts, 4,4 ampères, soit 530 watts environ) le champ est de 20000 gauss; il atteint 22000 gauss avec seulement une consommation de 2000 watts environ. Le circuit magnétique est en fer extra-doux, le poids total de l'appareil est de $1500^{kg}$ environ.

L'électroaimant a été équipé avec une cuve de verre pyrex de $74^{cm}$ de longueur et $6^{mm}$ de diamètre intérieur pour les observations de biréfringences magnétiques (méthode de Chauvin). Le trajet optique total étant

relativement court ($1^m,80$ environ) on dispose d'un bon flux lumineux à l'analyseur.

Avec le nitrobenzène et pour les raies jaunes du mercure la rotation de l'analyseur est de 12° avec 530 watts, et de 14°,5 avec 200 watts (température 15° C.). Ces valeurs sont de l'ordre des deux tiers de ce que donne (sans bobines supplémentaires) l'installation de Bellevue avec les cuves de $25^{cm}$ sans thermostat.

L'échauffement de l'appareil (quelques degrés au bout de plusieurs heures avec 530 watts) n'est pas gênant si l'on n'envoie le courant que pendant le temps utile aux mesures. La parfaite réalisation géométrique de l'appareil fait qu'il n'y a pas de composante d'effet Faraday gênante (une minute d'arc à l'analyseur ponr 14° de rotation).

En ce qui concerne l'étude (commencée) des jets atomiques, cet appareil paraît particulièrement intéressant. Le pouvoir séparateur d'un électroaimant est proportionnel à la quantité $l^2\, \partial H/\partial x$, $l$ désignant le trajet soumis au gradient magnétique $\partial H/\partial x$. Dans le sens perpendiculaire au champ et à la longueur de l'entrefer on dispose d'un gradient comparable à celui des électroaimants utilisés pour ce genre d'expérience. La longueur $l$ étant ici environ 4 fois plus grande que pour ces mêmes appareils, le pouvoir séparateur doit être approximativement 16 fois plus grand.

## POLARIMÉTRIE. — *Étude polarimétrique des tartrates de glucinium.*

Note [1] de M. **J.-L. Delsal**, présentée par M. Jean Perrin.

Les tartrates de glucinium ont été étudiés par Atterberg [2], Rosenheim et Woge [3], Rosenheim et Itzig [4], Calcagni [5]. Le but de ce travail a été d'en préciser les circonstances de formation et les conditions d'existence par voie polarimétrique et électrométrique.

1. *Étude de l'action d'acide tartrique sur l'hydroxyde de glucinium.* — Le nitrate de glucinium en solution moléculaire est précipité par l'ammoniaque, lavé jusqu'à disparition de la réaction alcaline et dissous dans $50^{cm^3}$ de $TH^2$ moléculaire.

---

(1) Séance du 4 juin 1934.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 21, 1874, p. 162.

(3) *Zeit. anorg. chem.*, 15, 1897, p. 283.

(4) *Ber. d. chem. Ges.*, 32, 1899, p. 3424.

(5) *Gazetta chim. ital.*, 43, 1913, p. 20.

Volume total = $100^{cm^3}$, Tube = $4^{dm}$, $t = 14^{\circ}$;

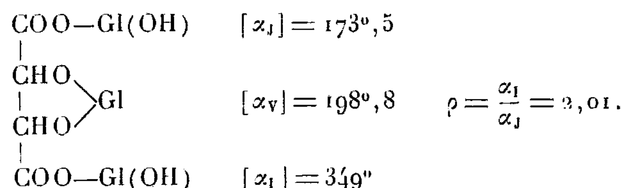
Nombre de molécules de $Gl(OH)^2$ pour $1^{mol}$ de $TH^2$.

| | 0. | 0,5. | 1. | 1,5. | 2. | 2,5. | 3. | 3,5. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $[\alpha]_J$ ..... | 4°,15 | 8°,90 | 16°,60 | 25°,25 | 31°,28 | 33°,70 | 34°,70 | 32°,70 |
| pH...... | 1,42 | 2,46 | 3,11 | 3,28 | 3,70 | 4,05 | 4,28 | 4,75 |

La courbe obtenue présente un changement de pente assez net pour 1 $TH^2$ et 2 $Gl(OH)^2$ et un maximum de pouvoir rotatoire pour 3 $Gl(OH)^2$; ce complexe a déjà été obtenu par Rosenheim en saturant $TH^2$ à l'ébullition par $Gl(OH)^2$ fraîchement précipité. Un excès de glucinium semble se dissoudre à la faveur du complexe formé, mais le pouvoir rotatoire décroît.

En saturant $1^{mol}$ de $TH^2$ par $4^{mol}$ de $Gl(OH)^2$ il reste un résidu de glucine et la solution laisse déposer une poudre microcristalline blanche, très faiblement soluble dans l'eau et répondant à la formule brute : $C^4H^2O^6(OH)^2Gl^3$.

La formule probable et les constantes moléculaires de ce corps sont les suivantes :




Le pouvoir rotatoire de ce complexe varie très peu avec la dilution.

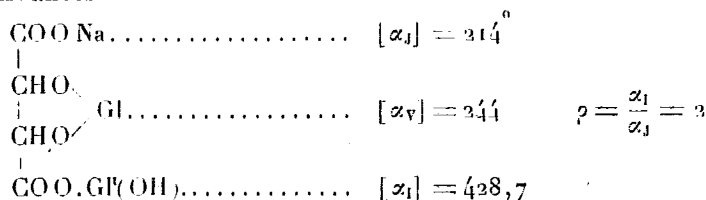
2. *Action du tartrate acide de sodium sur* $Gl(OH)^2$. — Le mode opératoire est le même que précédemment.

$t = 18^{\circ}$.

Nombre de molécules de $Gl(OH)^2$ pour $1^{mol}$ $THNa^2$.

| | 0. | 0,5. | 1. | 1,5. | 2. | 2,5. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $[\alpha]_J$ ... | 8°,50 | 15°,47 | 22°,45 | 30° | 42°,80 | dissolution |
| pH.... | 3,44 | 3,71 | 4,42 | 5 | 5,38 | incomplète |

Le complexe sodé correspond au précédent dans lequel Na remplace Gl(OH). La formule probable et les constantes moléculaires de ce corps sont les suivantes :




Là encore la dilution a très peu d'influence sur le pouvoir rotatoire.

3. Le tartrate neutre de sodium ne dissout pas l'hydroxyde de glucinium fraîchement précipité, même à l'ébullition.

4. *Étude polarimétrique et électrométrique de la neutralisation par la soude et l'ammoniaque de divers mélanges de* $TH^2$ *et* $(NO^3)^2Gl$ :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Avec 1 $TH^2$ et 1 $(No^3)^2Gl$ | on a un maximum | de pouvoir rotatoire | pour $3^{mol}$,3 | de soude |
| » 2 $TH^2$ et 3 $(No^3)^2Gl$ | » | » | pour 8 | » |
| » 2 $TH^2$ et 4 $(No^3)^2Gl$ | » | » | pour 9,1 | » |

Après ce maximum, il y a précipitation de glucine et le pouvoir rotatoire tend vers celui de $TNa^2$. La courbe des pH montre que le complexe formé se démolit au moment où le pH devient brusquement supérieur à 8. Tous ces maxima s'expliquent bien en admettant la formation simultanée du complexe signalé précédemment $C^4H^2O^6(OH)^2Gl^3$ et de $TNa^2$.

En remplaçant la soude par l'ammoniaque on obtient le même maximum du pouvoir rotatoire, mais au delà de ce maximum il n'y a plus de précipitation de glucine et l'on observe une neutralisation rapide avec remontée du pouvoir rotatoire au voisinage du maximum; ceci s'explique par le fait que le pH correspondant à la démolition du complexe n'est pas atteint.

*Conclusion.* — Il résulte de cette étude qu'il n'existe en solution qu'un complexe glucino-tartrique $C^4H^2O^6(OH)^2Gl^3$ qui se forme quelles que soient les proportions des réactifs et que nous avons isolé; quant au complexe sodé $C^4H^2O^6(OH)Gl^2Na$, il ne se forme que dans l'action du tartrate acide de sodium sur l'hydroxyde de glucinium.

PHOTOCHIMIE. — *Influence des corps antioxygènes sur la sensibilité des émulsions photographiques*. Note de M. **André Charriou** et M^lle **S. Valette**, présentée par M. Jean Perrin.

Les travaux de F. Perrin [1] et de Privault [2] ont établi que, si l'on introduit un corps antioxygène dans une solution fluorescente, le rendement lumineux est fortement diminué, sans qu'il se produise d'ailleurs aucune réaction chimique. Les molécules fluorescentes excitées par un rayonnement lumineux sont donc désactivées par la présence de ces produits.

Dans des expériences précédentes [3], l'un de nous a découvert l'action

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1121.
(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1120.
(3) Charriou, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 172.

tout à fait remarquable et notamment désactivante des iodures alcalins, corps antioxygènes, sur la sensibilité des émulsions photographiques. Nous nous sommes alors demandé si toutes les substances antioxygènes, aptes à décharger les molécules fluorescentes, n'étaient pas également capables de désactiver les molécules sensibles d'halogénures d'argent. Nous nous sommes donc proposé de vérifier expérimentalement cette hypothèse.

*Mode opératoire.* — Nous avons effectué diverses préparations d'émulsion photographique à très grande sensibilité.

Cette émulsion contenait $4^g,65$ d'iodure d'argent pour $100^g$ de bromure d'argent, elle était alcalinisée avec $0^g,47$ d'ammoniac pour la même quantité de bromure d'argent.

La sensibilité spectrale était comprise entre 3700 Å et 5100 Å.

A la fin de la préparation, la masse d'émulsion était divisée en deux portions. L'une des deux était additionnée d'une quantité connue d'un corps antioxygène, en solution dans l'eau ou dans le mélange eau-alcool, tandis que l'autre portion recevait seulement la même quantité d'eau ou d'eau-alcool.

Les émulsions étaient ensuite coulées sur verre, séchées; enfin exposées au sensitomètre, développées et fixées, comparativement (développement de 6 minutes au génol à $7^g$ pour 1000).

Nous n'avons pu essayer qu'un petit nombre de composés antioxygènes, il était en effet nécessaire que ces corps soient solubles dans l'eau ou dans le mélange alcool-eau et qu'en plus ils ne réagissent pas sur les halogénures d'argent.

*Résultats expérimentaux.* — Nos mesures ont porté sur les composés mentionnés dans le tableau ci-après :

1° Tous les composés antioxygènes étudiés ont déterminé un abaissement de la sensibilité de l'émulsion. Le corps le plus actif a été le salicylate de sodium :

| Substances antioxygènes. | Nombre de molécules d'antioxygène par molécule de bromure d'argent. | Sensibilités relatives par rapport à l'émulsion type. |
|---|---|---|
| Résorcine | 0,030 | 0,75 |
| | 0,061 | 0,6 |
| | 0,123 | 0,55 |
| Gaïacol | 0,071 | 0,35 |
| Phénol | 0,019 | 0,45 |
| | 0,094 | 0,33 |
| Aniline | 0,097 | 0,7 |
| | 0,291 | 0,5 |
| Salicylate de sodium | 0,055 | 0,3 |
| | 0,088 | 0,2 |
| Nitrobenzène | 0,086 | 0,65 |
| | 0,259 | 0,5 |
| Diphénylamine | 0,042 | 0,8 |

2° Dans la majorité des cas, l'incorporation de ces substances dans l'émulsion a amené une chute du contraste, seule la diphénylamine a produit une légère élévation du contraste;

3° La chute de la sensibilité et du contraste est d'autant plus importante que la teneur de l'émulsion en antioxygènes est plus considérable;

4° L'action de ces substances sur l'émulsion est sensiblement la même si, après l'addition à l'émulsion liquide, toute la masse est chauffée pendant 30 minutes à la température de 45°;

5° Également il y a peu de différence dans l'influence des antioxygènes, si les plaques sont exposées immédiatement après le séchage ou, au contraire, si, avant l'exposition, elles sont conservées dans une étuve maintenue à 40° pendant 15 jours. Dans ce dernier cas, ces corps sont loin d'être aussi actifs que les iodures alcalins pour retarder l'apparition du voile.

*Remarques.* — I. Nous nous sommes demandé si les antioxygènes n'étaient pas détruits partiellement par oxydation au cours du séchage des plaques. Aussi nous avons exposé certaines plaques immédiatement après l'addition de l'antioxygène et sans séchage préalable. Les sensibilités relatives des plaques humides ont été trouvées approximativement les mêmes que celles des plaques sèches.

II. L'influence des antioxygènes par trempage de plaques vierges dans une solution de ces composés, a été reconnue comme étant du même sens, mais plus faible, que dans le cas de l'incorporation à l'émulsion liquide.

*Conclusion.* — L'abaissement de la sensibilité d'une émulsion photographique par incorporation d'un corps antioxygène confirme bien ainsi la règle suivant laquelle ces substances sont, d'une manière générale, des désactivants des molécules excitées par des rayonnements.

Ce pouvoir désactivant des composés antioxygènes, vis-à-vis de la sensibilité des halogénures d'argent aux radiations bleues est faible, bien inférieur à celui de l'iodure de potassium, et considérablement plus petit que celui des colorants dits désensibilisateurs.

Si donc nos résultats établissent, une fois de plus, une relation entre le mécanisme de la sensibilité photographique et celui de la fluorescence, il ne faut pas perdre de vue que l'émulsion photographique est un système beaucoup plus complexe qu'une simple solution fluorescente et que notamment les actions chimiques y occupent une place très importante, en raison de la structure colloïdale des composants.

PHOTOCHIMIE. — *Sur l'inversion photographique due à l'action simultanée de deux rayonnements différents.* Note de MM. **V. Dolejšek** et **A. Němejcová**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons décrit les résultats que nous avons obtenus en faisant agir successivement sur la plaque photographique deux différentes sortes de rayonnement (1). On sait déjà qu'en faisant agir successivement sur une plaque photographique deux rayonnements (dont chacun considéré séparément a pour effet un certain noircissement de cette plaque), on n'obtient pas toujours un accroissement de l'opacité de ce noircissement, mais quelquefois, au contraire, une diminution, et même pour des doses convenablement choisies, une destruction complète de l'effet initial.

Nous avons étudié les résultats obtenus en faisant agir sur la plaque photographique (2) les radiations suivantes : rayons X-lumière blanche, rayons cathodiques-lumière blanche, rayons X-chaleur, rayons cathodiques-chaleur, rayons cathodiques-rayons X. Pour toutes ces combinaisons nous avons réussi à trouver des effets inverses (3) (cette inversion pour les combinaisons rayons X-lumière blanche et lumière blanche-chaleur était déjà connue). Nous avons constaté que l'effet résultant pour toutes ces combinaisons (la dernière combinaison rayons X-rayons cathodiques exceptée) dépend essentiellement de l'ordre dans lequel les deux rayonnements en question ont été appliqués. Pour que l'inversion se produise il faut toujours que le rayonnement dont la longueur d'onde est la plus courte agisse le premier. Autrement on obtient un accroissement du noircissement (à condition de ne pas dépasser le maximum de noircissement de la plaque photographique). Or on a déjà constaté une inversion pour la combinaison rayons X-rayons cathodiques et aussi pour la combinaison rayons cathodiques-rayons X. Ce fait que l'inversion pour la combinaison rayons X-rayons cathodiques ne dépend pas essentiellement de l'ordre dans lequel on fait agir sur la plaque photographique ces deux rayonnements est très intéressant parce que l'ordre dans lequel on fait agir les rayons sur la plaque

(1) *Collection des travaux chimiques de Tchécoslovaquie*, III, 1931, p. 536.

(2) *Ultrarapid* Eisenberger.

(3) Les effets inverses les plus connus sont par exemple l'effet de Villard, l'effet de Cleyden, etc.

photographique a toujours joué un rôle important pour les effets inverses cités [1]; nous avons été conduits à étudier les effets produits par l'action simultanée de deux différentes sortes d'énergies.

D'après les résultats de la Note citée on pouvait s'attendre à obtenir une inversion pour l'action simultanée des rayons X et cathodiques puisque leur ordre d'action paraît indifférent. Mais expérimentalement il est impossible de doser convenablement ces deux rayonnements, pour un même temps d'exposition. C'est pourquoi nous avons étudié l'action simultanée des rayons X et de la lumière blanche, les doses d'énergie s'adaptant facilement pour un même temps d'exposition. Quoique l'inversion n'ait lieu que par l'application de ces deux sortes d'énergie dans un ordre déterminé, nous avons constaté l'inversion pour l'action simultanée de ces énergies. Par exemple on obtient :

Opacité du noircissement produit par les rayons X seul : 1,141.

Opacité du noircissement produit par la lumière blanche seule : 1,162, 1,177, 1,215, 1,255, 1,271, 1,296.

Opacité du noircissement produit par l'action simultanée des rayons X et de la lumière blanche : 0,917, 0,835, 0,744, 0,687, 0,664, 0,641.

Après avoir comparé l'inversion produite par l'action successive avec celle produite par l'action simultanée, nous avons constaté que le décroissement du noircissement obtenu par l'action simultanée est toujours plus petit que si ces deux rayonnements agissent sur la plaque photographique l'un après l'autre dans la suite rayons X-lumière blanche. Pour la combinaison simultanée rayons X-chaleur, nous avons trouvé une inversion tout à fait semblable. Il faut noter encore que cette inversion pour l'action simultanée de ces deux différentes sortes d'énergie rayons X-lumière blanche, rayons X-chaleur ne peut être attribuée à une solarisation, causée par le fait que la plaque photographique absorbe la même quantité d'énergie dans un temps moitié plus court, car cette inversion devrait être plus grande que celle produite par l'action successive des deux sortes d'énergie en question.

---

(1) L'indépendance de l'inversion pour la combinaison des rayons X et cathodiques de l'ordre dans lequel on fait agir les deux rayonnements, exclut aussi la possibilité qu'il puisse s'agir de l'effet Cleyden.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur les cellules photoélectriques dites à couche d'arrêt.* Note de M^me **Roy-Pochon**, présentée par M. Ch. Fabry.

On sait qu'une cellule photoélectrique dite à couche d'arrêt fonctionne sans qu'il soit nécessaire d'appliquer une différence de potentiel à ses bornes. Jusqu'à maintenant, toutes les cellules de ce type avaient également la propriété de redresser le courant : la résistance opposée au passage d'un courant de même sens que le courant photoélectrique était notablement plus forte que la résistance en sens inverse. Les deux phénomènes paraissant connexes, on a cherché à expliquer l'un par l'autre. D'où, aussi, le nom de cellules à contact rectifiant ou à couche d'arrêt.

Nous avons constaté que des cellules de même sensibilité à la lumière peuvent être très différentes quant au pouvoir redresseur. D'autre part, nous étant proposé d'étudier la variation du courant photoélectrique en fonction de la température, nous avons remarqué que le coefficient de température croît avec le pouvoir redresseur.

Nous avons alors essayé de construire des cellules (au sélénium) ne redressant pas : nous avons obtenu ce résultat à moins de 1 pour 100 près.

Les cellules dont le pouvoir redresseur est pratiquement nul se distinguent par les propriétés suivantes :

1° Le courant photoélectrique varie très peu avec la température (entre 20 et 30° C., le courant ne diminue que de 1 à 3 pour 100).

2° La relation entre le courant et l'éclairement est pratiquement linéaire (la résistance du circuit extérieur étant de l'ordre de 500 ohms et l'éclairement inférieur à 500 lux). Il semble cependant que cette caractéristique soit une conséquence de la conductibilité relativement élevée de ces cellules, plutôt que de l'absence de pouvoir redresseur.

3° Dans l'obscurité, chaque cellule a une résistance déterminée : nous avons appliqué une différence de potentiel variable aux bornes de chaque cellule et constaté que le courant suit la loi d'Ohm. En outre, la résistance ne varie pratiquement pas entre 20 et 30° C. Il nous a alors paru logique d'admettre que ces cellules opposent la même résistance au courant photoélectrique qu'au courant engendré par une force électromotrice extérieure. Faisant cette hypothèse, on peut calculer la force électromotrice ($E_e$) créée par la lumière :

$$E_e = \text{courant photoélectrique (mesuré)} \times (\text{Résistance cellule} + \text{Résistance extérieure}).$$

Nous avons mesuré le courant photoélectrique en faisant varier successivement l'éclairement (de 10 à 1000 lux) et la résistance extérieure (de 64 à 2000 ohms). Les valeurs de la force électromotrice obtenues pour un même éclairement et différentes valeurs de la résistance extérieure sont voisines (écart de 10 pour 100 entre 64 et 2000 ohms, le courant variant dans le rapport de 4 à 1).

Nous avons étudié également des cellules à grand pouvoir redresseur.

1° Le courant photoélectrique diminue très rapidement lorsque la température s'élève (10 à 30 pour 100 entre 20° et 30° C.).

2° L'effet de redressement décroît lorsque la température s'élève.

3° La courbe du courant photoélectrique, en fonction de l'éclairement, ne présente aucune partie rectiligne au-dessous de 1000 lux. Le taux de variation du courant (la sensibilité) décroît rapidement lorsque l'éclairement croît.

Nos observations nous autorisent à admettre que l'effet photoélectrique est indépendant de l'effet redresseur.

Toutes les cellules étudiées étaient à couche résistante de sélénium.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les propriétés superficielles de certaines matières colorantes.* Note (1) de MM. **E. Vellinger** et **R. Delion**, présentée par M. J. Perrin.

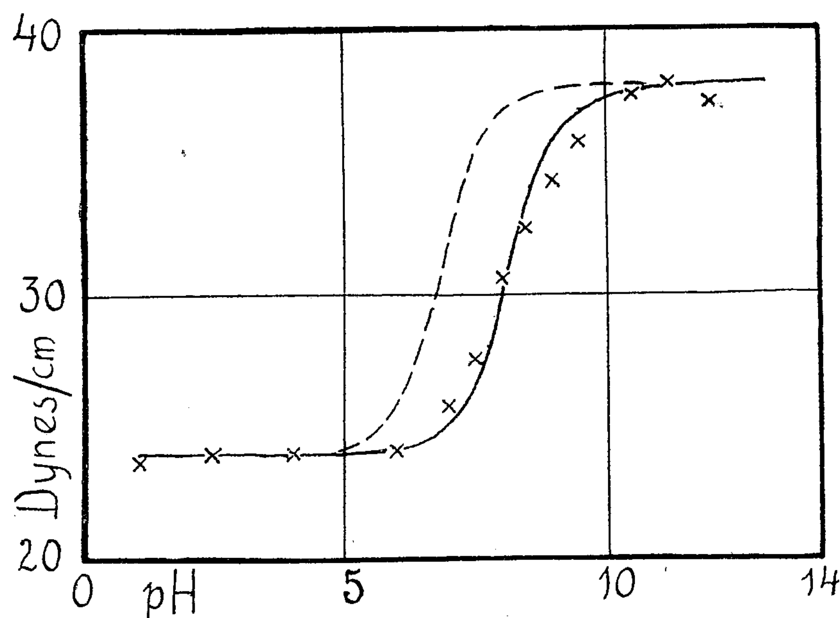
L'un de nous a montré précédemment que la tension interfaciale dynamique (valeur initiale, mesurée au tensiomètre Lecomte du Noüy) entre les solutions aqueuses de matières colorantes et des hydrocarbures présente, en fonction de la réaction de la solution aqueuse, une variation caractéristique lorsque le colorant est une base ou un acide dissociable (2). En effet la courbe de tension interfaciale, en fonction du pH de la solution aqueuse (la concentration du colorant étant constante), a une allure identique aux courbes classiques de dissociation. Nous avons tenté de calculer ces variations en admettant que l'abaissement de la tension observée est la somme des abaissements dus à l'anion et à la molécule indissocié, dans le cas de

(1) Séance du 4 juin 1934.
(2) E. Vellinger, *Ann. Off. Nat. Comb. liq.*, 5, 1930, p. 283.

l'acide monobasique, comme l'indique la formule suivante :

$$\sigma_t = \frac{\sigma_a}{\frac{H}{K} + 1} + \frac{\sigma_r}{\frac{K}{H} + 1},$$

dans laquelle $\sigma_t$ est l'abaissement observé $\sigma_a$ et $\sigma_r$ les abaissements de l'anion et du résidu indissocié, H la concentration des ions $H^+$ et K la




Courbe de tension interfaciale d'une solution de bleu de bromothymol (0,01 %); huile de paraffine en fonction du pH de la solution aqueuse.
——— Courbe calculée; ----- courbe calculée avec la valeur usuelle de la constante de dissociation de l'indicateur ($K = 10^{-6,9}$).

constante de dissociation de l'indicateur. Ce calcul représente assez bien les faits à la condition de prendre pour constante de dissociation du colorant une valeur notablement différente de la valeur usuelle (1). Cette anomalie pourrait s'expliquer dans une certaine mesure en admettant un changement de la constante de dissociation à l'interface soit de l'eau, soit de l'indicateur. L'application de la formule de Gibbs montre que la molé-

(1) En réalité, il existe un écart systématique dont il est possible de tenir compte par le calcul, mais sur la signification duquel nous ne pouvons pas insister ici.

cule indissociée est plus fortement adsorbée que l'anion. Effectivement, l'un de nous a pu vérifier (¹) que la courbe représentant la quantité de colorant adsorbé à l'interface en fonction du pH de la solution aqueuse a une allure analogue à celle de la tension interfaciale, mais évolue en sens inverse comme le veut précisément la formule Gibbs, c'est-à-dire la plus forte quantité de colorant est absorbée pour les pH correspondant aux plus faibles valeurs de tension interfaciale et inversement. Dans ces conditions, le décalage de la courbe de tension interfaciale dans l'échelle des pH pourrait s'expliquer par l'inégale activité superficielle de l'anion et de la molécule indissociée.

C'est la plus forte adsorption de la molécule indissociée qui donne l'apparence d'une moindre dissociation à l'interface et qui produit le déplacement de l'équilibre. Cette explication est appuyée par le fait que la quantité de molécules indissociées adsorbées à l'interface est de 10 fois supérieure à la quantité d'anions adsorbés dans les mêmes conditions (le pH excepté bien entendu). Or le décalage de la courbe de tension interfaciale dans l'échelle des pH indiquerait une constante de dissociation 10 fois plus petite.

Ces faits sont à rapprocher de ceux décrits depuis longtemps par M. Jean Perrin (²) et concernant l'inégale distribution de l'anion et des cations dans les mousses produites dans des solutions de sels d'acides gras.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La dissymétrie des spectres bêta positifs et négatifs, et la masse intrinsèque du neutrino ou ergon.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai indiqué (³) comment la grandeur de la dissymétrie des spectres continus β des corps radioactifs pouvait être interprétée en admettant une masse intrinsèque nulle pour le neutrino ou *ergon* émis en même temps que l'électron négatif (⁴). Le calcul était fait en suppposant que l'éventualité la plus probable correspondait à l'égalité d'impulsion des particules émises simultanément; on pouvait cependant se demander si une telle égalité,

---

(¹) E. Vellinger et L. Hemmer, *Ann. Off. Nat. Comb. liq.*, 5, 1930, p. 295.

(²) *Ann de Phys.*, 10, 1918, p. 182.

(³) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1625.

(⁴) Par une théorie quantique plus complète de l'émission simultanée des deux particules par le noyau, E. Fermi a été conduit indépendamment à la même hypothèse pour rendre compte de la forme du spectre continu β (*Z. f. Physik*, 88, 1934, p. 161).

supposée réalisée au moment même de l'émission par le noyau de l'électron et de l'ergon, ne serait pas détruite par le champ électrique coulombien agissant sur l'électron et non sur l'ergon. L'attraction de l'électron émis par le noyau pouvait ainsi apparaître comme une cause possible de la dissymétrie du spectre $\beta$.

La découverte par I. Curie et F. Joliot [1] de radioéléments synthétiques, se transmutant par émission d'électrons positifs ou positons, permet de prouver le peu d'importance de cette interaction électrique entre le noyau et l'électron émis. Dans ces radioactivités $\beta^+$, les énergies des positrons forment un spectre continu; le mécanisme est donc sans doute analogue à celui des radioactivités $\beta^-$ naturelles, un ergon [ou peut-être un anti-ergon [2]] étant émis en même temps que le positon. Mais dans ce cas, la particule chargée émise est repoussée et non attirée par le noyau, et la dissymétrie qui en résulte doit être inverse. Or la dissymétrie observée des spectres continus $\beta^+$ est dans le même sens et du même ordre de grandeur que pour les spectres $\beta^-$. Ces dissymétries ne peuvent donc résulter principalement de l'action électrique du noyau sur le corpuscule émis; c'est bien la petitesse de la masse intrinsèque de l'ergon par rapport à celle de l'électron qui doit les déterminer.

Il est facile de comprendre le peu d'importance de l'interaction entre le noyau et l'électron émis. En effet, pour que cette interaction ait une influence considérable, il faudrait que l'électron et l'ergon soient émis dans une région où l'énergie potentielle de l'électron serait importante par rapport à son énergie de projection. Mais l'émission de l'électron ne peut pas être localisée dans un domaine très petit autour du noyau, car elle ne peut l'être que dans un domaine de dimension comparable à la *longueur d'onde* de l'électron émis, et nous allons voir que le potentiel moyen dans un tel domaine est en général assez petit pour ne produire qu'une faible modification de la dissymétrie du spectre. Pour plus de simplicité nous ne ferons le calcul que dans l'hypothèse de la masse intrinsèque nulle pour l'ergon.

Nous admettons que la valeur la plus probable $E_m$ pour l'énergie d'émission de l'électron correspond à l'égalité initiale d'impulsion de l'électron projeté avec une vitesse $\beta c$ et de l'ergon dans une région voisine du noyau où nous supposons un potentiel électrique moyen V. Cette hypothèse nous donne, $E_0$ étant l'énergie totale de la transmutation (limite du

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 254, et *J. de Phys.*, 5, 1934, p. 153.

(2) L. DE BROGLIE, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 135.

spectre continu) et $W_m$ l'énergie la plus probable de l'ergon (à laquelle correspond une impulsion $W_m/c$) :

$$E_0 = E_m + W_m,$$

$$E_m = mc^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right) \pm eV, \qquad \frac{W_m}{c} = \frac{mc\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

Nous devons prendre, pour V, la valeur du potentiel coulombien à une distance du noyau de charge $Ze$ de l'ordre d'une demi-longueur d'onde électronique $\lambda/2$ et, comme on a

$$\lambda = \frac{h}{mc}\frac{\sqrt{1-\beta^2}}{\beta} = \frac{hc}{W_m},$$

il vient

$$eV = 2\frac{Ze^2}{\lambda} = 2\frac{Ze^2}{hc}W_m.$$

En portant cette valeur de $eV$ dans les équations précédentes, puis en éliminant entre elles $W_m$ et $\beta$, on obtient

$$mc^2 + E_m \mp 2\frac{Ze^2}{hc}(E_0 - E_m) = \sqrt{m^2c^4 + (E_0 - E_m)^2}.$$

En négligeant les termes du second ordre par rapport au facteur $2Ze^2/hc$, qui est toujours petit, on en déduit

$$E_m = \frac{1}{2}\frac{E_0^2}{E_0 + mc^2}\left[1 \pm \frac{Ze^2}{hc}\left(1 + \frac{2mc^2}{E_0}\right)\left(1 + \frac{m^2c^4}{(E_0 + mc^2)^2}\right)\right].$$

Le facteur entre crochets représente la correction due à l'interaction entre le noyau et l'électron. Par exemple, dans le cas du radium E pour lequel $E_0 = 1,2$ MVe, cette formule donne $E_m = 0,34$ MVe, valeur plus voisine de l'énergie moyenne expérimentale $\overline{E} = 0,36$ MVe que la valeur 0,42 MVe donnée par la formule simple de ma première Note.

Dans le cas des radioéléments synthétiques $\beta^+$, le nombre atomique Z est petit et la correction, due à la répulsion du noyau, est négligeable. Pour le radioazote, I. Curie et F. Joliot ont trouvé, comme énergie limite du spectre continu des positons, $E_0 = 1,5$ MVe et, comme énergie moyenne, $\overline{E} = 0,49$ MVe, valeur voisine de celle donnée par la formule précédente $E_m = 0,54$ MVe.

Il semble donc bien que l'hypothèse d'une masse intrinsèque nulle pour l'ergon, permette d'expliquer la dissymétrie des spectres $\beta^+$ comme des spectres $\beta^-$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Radioéléments créés par bombardement de neutrons. Nouveau type de radioactivité.* Note de M^me **Irène Curie** et MM. **F. Joliot** et **P. Preiswerk**, présentée par M. Jean Perrin.

La création d'éléments radioactifs nouveaux, réalisée primitivement par bombardement au moyen de rayons $\alpha$ (1), a été obtenue comme nous l'avions suggéré au moyen d'autres particules : protons, deutons, neutrons. Fermi et ses collaborateurs ont réussi à produire un grand nombre de radioéléments nouveaux en employant des neutrons comme projectiles (2).

Nous avons poursuivi l'étude de ces radioactivités et obtenu la production de radioéléments en irradiant au moyen d'une source de neutrons (ampoule de radon de 300 millicuries environ contenant du glucinium) les éléments Ag, Si, Zn, I, Fe. Les périodes obtenues sont en accord avec les expériences de Fermi.

Nous avons vérifié dans le cas de l'iode que la production de la radioactivité n'est pas due à l'action des neutrons de faible énergie. L'interposition d'un écran de plomb de $1^{cm}$ entre la source et l'iode ne diminue pas l'effet d'une manière appréciable. Il en est de même si l'on interpose un écran de $1^{cm}$ d'iode.

Nous avions déjà montré qu'il se forme dans le magnésium irradié par les rayons $\alpha$ un radioélément émetteur de rayons $\beta$ que nous supposons formé par la réaction



$$\text{I} \quad {}^{25}_{12}\text{Mg} + {}^{4}_{2}\text{He} = {}^{28}_{13}\text{Al} + {}^{1}_{1}\text{H}.$$

Le même élément ${}^{28}_{13}\text{Al}$ pourrait être formé par les réactions



$$\text{II} \quad {}^{28}_{14}\text{Si} + {}^{1}_{0}n = {}^{28}_{13}\text{Al} + {}^{1}_{1}\text{H}, \qquad \text{III} \quad {}^{31}_{15}\text{P} + {}^{1}_{0}n = {}^{28}_{13}\text{Al} + {}^{4}_{2}\text{He}.$$

La période du radioélément formé dans Mg est environ 2 minutes 45 secondes, d'après nos dernières évaluations. Nous avons trouvé la même période, à la précision des expériences (erreur possible de l'ordre de 20 secondes) pour la décroissance de l'activité de Si irradié par les neutrons. D'autre part, nous avons observé pour le phosphore irradié par les

---

(1) F. Joliot et Irène Curie, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 254; *Nature*, 133, 1934, p. 201.

(2) Fermi, *Nature*, 133, 1934, p. 757.

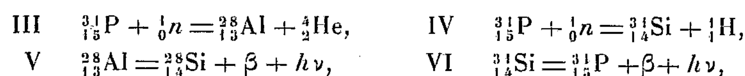
(3) F. Joliot et Irène Curie, *J. de Phys. et Rad.*, 5, 1934, p. 153.

neutrons, en plus d'une période de 3 heures, signalée par Fermi, une période courte comprise également entre 2 minutes et demie et 3 minutes.

En observant les rayons β avec l'appareil à détente de Wilson dans un champ magnétique, on évalue dans les trois cas l'énergie maximum à $2,3 \times 10^6$ eV environ.

Il paraît donc très probable qu'il s'agit bien du radioélément ${}^{28}_{13}Al$ formé de trois manières différentes.

L'étude, au moyen de l'appareil Wilson, de la radioactivité excitée dans le phosphore et dans le silicium, montre d'autres particularités importantes. Nous avons observé la présence de nombreuses trajectoires d'électrons provenant soit des parois, soit du gaz de la chambre. Certains de ces électrons possèdent des énergies supérieures à $5.10^6$ eV et sont probablement des rayons secondaires de rayons γ d'énergie notablement plus élevée. Nous devons donc admettre que les radioéléments créés dans le cas de Si et P irradiés par les neutrons se désintègrent en libérant une énergie beaucoup plus élevée que celle qui correspond à l'émission des électrons de désintégration. Nous écrirons les réactions nucléaires relatives au phosphore :



$$\text{III} \quad {}^{31}_{15}P + {}^{1}_{0}n = {}^{28}_{13}Al + {}^{4}_{2}He, \qquad \text{IV} \quad {}^{31}_{15}P + {}^{1}_{0}n = {}^{31}_{14}Si + {}^{1}_{1}H,$$
$$\text{V} \quad {}^{28}_{13}Al = {}^{28}_{14}Si + \beta + h\nu, \qquad \text{VI} \quad {}^{31}_{14}Si = {}^{31}_{15}P + \beta + h\nu,$$

${}^{28}_{13}Al$ ayant une période de 2 minutes 45 secondes et ${}^{31}_{14}Si$ une période de 3 heures environ.

Les masses exactes des noyaux qui interviennent dans les réactions ne sont pas toutes connues. Cependant, en faisant des suppositions raisonnables sur leur valeur on arrive à conclure que, si les réactions V et VI libèrent effectivement une énergie de l'ordre de $10 \times 10^6 eV$, les noyaux instables devraient aussi pouvoir se transformer avec émission de neutrons selon les réactions



$$\text{VII} \quad {}^{28}_{13}Al = {}^{27}_{13}Al + {}^{1}_{0}n, \qquad \text{VIII} \quad {}^{31}_{14}Si = {}^{30}_{14}Si + {}^{1}_{0}n.$$

La formation de noyaux ${}^{31}_{14}Si$ ou ${}^{28}_{13}Al$ dont l'énergie de désintégration est considérable ne serait produite que par l'action de neutrons de très grande énergie, lesquels sont effectivement présents dans la source employée.

Nous avons recherché si le phosphore irradié émet un rayonnement de neutrons, en utilisant une chambre d'ionisation paraffinée intérieurement et reliée à un amplificateur proportionnel. Des numérations étaient

effectuées, alternativement en plaçant du phosphore irradié au voisinage de la chambre et en l'absence de source.

On a observé, en l'absence de la source, 656 particules et 760 en présence du phosphore irradié, soit un excès de 104. Cet excès représente environ 3,8 fois la racine carrée du nombre de particules enregistrées et il est dû très probablement à l'effet des neutrons sur les noyaux d'hydrogène présents dans la chambre. D'autre part on a observé à l'appareil Wilson un petit nombre de trajectoires courtes prenant naissance dans le gaz et attribuables à des protons projetés. Il y a donc lieu de croire que l'on est en présence d'un nouveau type de radioactivité avec émission de neutrons.

Enfin nous avons observé dans le cas de Si et P irradiés par les neutrons l'émission d'électrons positifs, d'énergie maximum voisine de $10^6$ eV. Il est possible que ces électrons soient dus à la matérialisation de photons. S'il s'agit d'électrons de transmutation, les réactions nucléaires qui leur donnent naissance sont difficiles à imaginer. Toutefois il est possible que la transmutation sous l'action des neutrons s'effectue dans certains cas avec expulsion d'un proton négatif; par exemple ${}^{31}_{15}P + {}^{1}_{0}n = {}^{31}_{16}S + {}^{1}_{-1}H$, le noyau ${}^{31}_{16}S$ étant un radioélément émetteur de positrons. Un neutron pénétrant dans le noyau pourrait en faire sortir soit un proton et un électron, soit un proton négatif et un positron.

On pourrait peut-être expliquer de cette manière la formation d'un élément de nombre atomique 93 que Fermi pense avoir obtenu par irradiation de l'uranium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Expériences de micropyrotechnie. Les effets lumineux qui accompagnent la détonation ne sont pas indépendants de la nature du gaz qui entoure l'explosif.* Note [1] de MM. A. MICHEL-LÉVY et H. MURAOUR, présentée par M. G. Urbain.

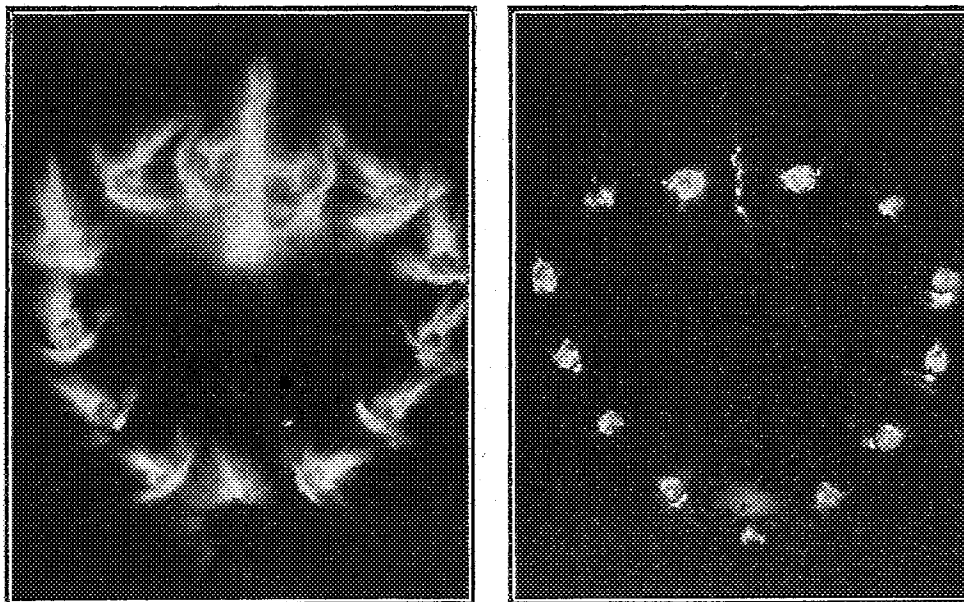
Nos expériences antérieures [2] nous ont amené à la conclusion que l'onde de choc doit jouer un rôle important dans la luminosité observée au moment de la détonation de l'azoture de plomb. Théoriquement la température atteinte dans l'onde de choc doit varier avec la nature du gaz dans lequel se propage cette onde. Les températures, et par conséquent les lumi-

(1) Séance du 4 juin 1934.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 825, 1499 et 1760.

nosités doivent être particulièrement élevées pour les gaz monoatomiques dont la chaleur spécifique moléculaire est faible et ne varie pas avec la température, elles doivent être, au contraire, faibles pour les gaz polyatomiques (en particulier tri-, tétratomiques, etc.) dont les fortes chaleurs spécifiques augmentent beaucoup avec la température.

En utilisant la technique déjà décrite nous avons photographié la déto-



↑ *a* Fig. 1. Gross. : × 4. ↑ *a* Fig. 2.

*Détonation de chaînes de granules d'azoture de plomb.* — Fig. 1, dans l'argon; Fig. 2, dans l'acide carbonique. Amorçage en *a* par fil rougi.

nation, dans différents gaz, de petits colliers composés de granules d'azoture de plomb. Nous avons opéré à la pression atmosphérique sur les gaz :

Argon (monoatomique); $N^2$, $H^2$; $CO^2$; butane, $C^4H^{10}$.

*La plus forte luminosité a été observée dans l'argon* (voir *fig.* 1), la plus faible dans le butane. Dans l'acide carbonique la luminosité est déjà très faible (*fig.* 2). Dans l'azote et l'hydrogène les luminosités sont intermédiaires. Dans l'hydrogène on observe en outre des effets particuliers (disparition des aigrettes à l'opposé du point d'amorçage) dont l'interprétation nous paraît devoir être réservée.

Nous avons également opéré dans l'acétylène à la pression atmosphérique, pour éviter la propagation d'une détonation éventuelle. Les effets lumineux observés sont très faibles et ce gaz se place, à ce point de vue, entre l'acide carbonique et le butane. Sauf peut-être en quelques points, à la rencontre des deux ondes, on n'observe sur le cliché aucune trace d'une décomposition explosive de l'acétylène.

Si l'on remarque que dans les gaz à forte chaleur spécifique la luminosité disparaît *dès la sortie des granules*, il paraît difficile d'admettre que les différences observées aient pour cause un mélange de l'atmosphère environnante avec les produits de l'explosion. Les résultats semblent au contraire en accord avec l'hypothèse que l'onde de choc joue un rôle important dans les luminosités observées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'irisation du verre antique. Formation de strates de Liesegang dans le verre, au contact des solutions de bicarbonates, par précipitation rythmique de carbonate de calcium.* Note de M. **Marcel Guillot**, présentée par M. Jean Perrin.

Les patines irisées du verre antique ont été longuement décrites par D. Brewster [1]. Il a montré qu'elles sont essentiellement constituées par la superposition d'un grand nombre de pellicules minces de silice, optiquement distinctes les unes des autres. Cet ensemble stratifié a un pouvoir réfléchissant élevé (éclat métallique) et la lumière colorée qu'il réfléchit est plus ou moins complexe suivant la plus ou moins grande variété d'épaisseur des différentes lames superposées, qui sont tantôt planes, tantôt gaufrées, tautôt parsemées de nodules à structure stratifiée concentrique, présentant en lumière polarisée le phénomène de la croix noire.

De nombreux auteurs ont tenté de reproduire au laboratoire cette patine irisée, dans le but d'élucider le mécanisme de sa formation. Brame [2] attaquait le verre par une solution dilué d'acide fluorhydrique, et voyait, dans les figures de corrosion obtenues, l'analogue des nodules signalés par Brewster. En réalité ces figures de corrosion sont simplement hémisphériques ou hémiellipsoïdales, mais leur pourtour n'est pas stratifié. Il en est de même avec tous les réactifs qui dissolvent rapidement le verre.

---

(1) *British Assoc. Rep.*, 2, 1840, p. 5 et 6; 2, 1859, p. 11; 2, 1860, p. 9; *Edinb. Roy. Soc. Trans.*, 23, 1864, p. 193.

(2) *Comptes rendus*, 33, 1852, p. 666.

Frémy et Clémandot [1] crurent à leur tour résoudre ce problème en soumettant à l'action d'une solution d'acide chlorhydrique diluée, à l'autoclave, la surface du verre. L'expérience montre qu'après ce traitement, certains verres très alcalins sont recouverts d'une lame mince, présentant des couleurs d'interférences. Il s'est formé, par désalcalinisation superficielle, une pellicule de silice. J'ai d'ailleurs constaté que les solutions faiblement ammoniacales, ou même l'eau pure, attaquant le verre sous pression vers 120° pendant plusieurs heures, peuvent produire un résultat analogue, et que la pellicule de silice formée s'exfolie alors facilement. Mais, dans aucun de ces cas, cette pellicule n'est stratifiée, ni parsemée de modules de Brewster.

Au contraire si l'on conserve, aux environs de 15°, dans un flacon en verre alcalin, une solution aqueuse saturée de bicarbonate de sodium, on voit la surface interne du vase s'iriser progressivement, en un temps qui varie, suivant les verres, de quelques semaines à quelques mois. Si ensuite on observe au microscope, en lumière réfléchie, la surface attaquée, on voit que la pellicule superficielle, de couleur souvent uniforme sur une grande étendue, met à nu, quand on l'arrache, une ou plusieurs pellicules sous-jacentes, de teinte différente de la première, mais uniforme sur la même étendue. Il y a donc eu stratification spontanée, tandis que l'action de la solution s'exerçait d'une manière continue. De plus, au niveau des irrégularités primitives de la surface du verre, l'attaque a produit des figures de corrosion sphériques, entourées d'anneaux concentriques, dont l'ensemble donne lieu au phénomène de la croix noire, en lumière polarisée, par transparence.

On observe le même effet, mais considérablement ralenti, avec un grand nombre d'autres réactifs (carbonate de sodium, sulfates, sulfures, chlorures, etc.), mais les résultats sont moins constants, et l'irisation est toujours moins accentuée au contact de la solution qu'au niveau de la surface du liquide, et dans la partie supérieure du flacon, en atmosphère humide.

Si l'on traite la pellicule irisée par une solution diluée d'acide chlorhydrique, on observe au microscope un important dégagement d'anhydride carbonique, indice de la présence d'un carbonate, *entre* les lames de silice. Le liquide chlorhydrique renferme ensuite du fer, parfois du strontium, mais surtout de grandes quantités de calcium. Il en est ainsi même quand le réactif producteur d'irisations était à l'origine exempt de carbonates

[1] *Comptes rendus*, 84, 1877, p. 209.

On est donc amené à considérer dans tous les cas la pellicule stratifiée comme formée de couches alternées de silice et de carbonate de calcium. Avec les réactifs divers, il est vraisemblable que l'anhydride carbonique de l'air se dissout dans le liquide (d'autant mieux qu'il est plus alcalin), et devient ensuite l'agent réel dn phénomène. Cette hypothèse s'accorde avec le fait signalé plus haut, que les irisations se produisent alors plus intensément au contact de l'air, dans la partie supérieure du récipient.

Ces faits font penser qu'il s'agit d'une précipitation périodique du type de celle des anneaux de Liesegang, le verre jouant ici le même rôle que la gélatine ou les divers gels (1) dans de nombreuses expériences analogues. On sait que les ions peuvent aisément pénétrer dans le verre ou en sortir (2), et qu'ils y diffusent avec des vitesses appréciables (3). Il est donc probable qu'au contact d'une solution aqueuse saturée de bicarbonate alcalin, les ions $CO^{3--}$ pénètrent dans le verre et y déterminent une précipitation stratifiée de $CO^3Ca$, par rencontre avec les ions $Ca^{++}$ diffusant en sens inverse. Il en résulte un appauvrissement en calcium du verre, qui doit le rendre plus perméable à l'eau, et faciliter le passage des ions $Na^+$ en solution. Ce processus ne peut s'effectuer si la solution est trop alcaline. En fait les irisations apparaissent rapidement avec une solution saturée de bicarbonate, lentement avec les solutions de carbonate, diluées ou concentrées, et pas du tout dans les solutions concentrées de soude (même légèrement carbonatées).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Essais rapides de détermination de la corrosion électrochimique des assemblages soudés*. Note (4) de M. **Albert Roux**, présentée par M. Léon Guillet.

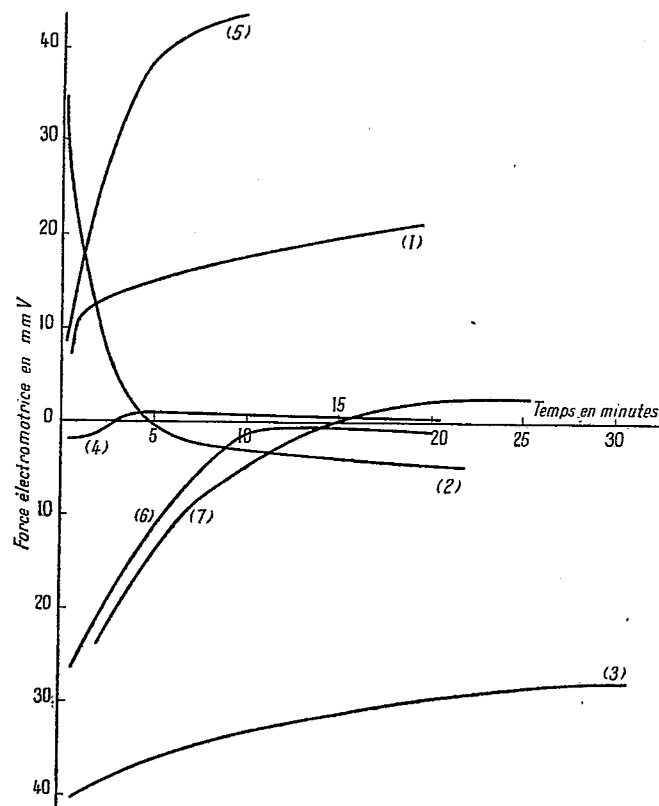
La recherche de l'homogénéité des propriétés mécaniques des assemblages soudés conduit parfois à créer une hétérogénéité de composition chimique, celle de la soudure proprement dite étant différente de celle du métal de base.

Il peut en résulter, si l'assemblage est plongé dans un milieu chimique conducteur de l'électricité et si les forces électromotrices de dissolution de

(1) S. Veil, *Les périodicités de structure*, Paris, 1934.
(2) Devaux et Aubel, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 601.
(3) J. Halberstadt, *Z. anorg. allgem. Chem.*, **211**, 1933, p. 185.
(4) Séance du 28 mai 1934.

ses différentes parties sont dissemblables, une accélération de la corrosion des régions anodiques.

Une résistance mécanique déterminée de la soudure peut être générale-




*Ordonnée du point figuratif positive : la soudure est anodique.*

(1) métal de base = acier doux : soudure = acier au carbone (C = 0,15, Mn = 0,8) électrolyte = $SO^4H^2$ 4 %; (2) métal de base = acier doux : soudure = même acier que (1) électrolyte = HCl 2 %; (3) métal de base = acier doux : soudure = acier spécial (Cr = 0,4, Cu = 0,5) électrolyte = $SO^4H^2$ 4 %; (4) métal de base = acier doux : soudure = acier spécial (Ni = 1,2) électrolyte = $SO^4H^2$ 4 %; (5) métal de base = acier spécial Cr = 0,6 Cu = 0,5 : soudure = acier au carbone (C = 0,05, Mn = 0,1) électrolyte = $SO^4H^2$ 4 %; (6) métal de base = acier spécial Cr = 0,6, Cu = 0,5 : soudure = même acier que (3) électrolyte = $SO^4H^2$ 4 %; (7) métal de base = acier spécial Cr = 0,6, Cu = 0,5 : soudure = acier spécial (Ni = 1 %) électrolyte = $SO^4H^2$ 4 %.

ment réalisée au moyen de plusieurs compositions chimiques parmi lesquelles il est nécessaire de choisir, pour la bonne conservation de l'assemblage, en tenant compte du potentiel électrochimique de la soudure comparé à celui du métal de base.

Dans ce but, nous immergeons partiellement dans un électrolyte, celui dans lequel doit être plongé pratiquement l'assemblage, deux éprouvettes de quelques centimètres carrés de surface, l'une en métal de base, l'autre en métal fondu par soudure. Elles sont reliées extérieurement à l'électrolyte par un circuit électrique comprenant un galvanomètre.

Nous déterminons le sens du courant débité par cette pile et la variation de la force électromotrice en fonction du temps.

En appliquant cette méthode à des soudures d'aciers réalisées par fusion à l'arc électrique d'électrodes enrobées commerciales, nous sommes arrivés aux résultats suivants en faisant varier la nature du métal de base ainsi que celle de l'acier fondu à partir des électrodes :

1° Le métal de base est un acier doux au carbone.

*a.* Le métal de la soudure est également un acier au carbone contenant moins de 0,25 pour 100 de carbone et 0,1 à 0,8 pour 100 de manganèse.

Dans une solution aqueuse contenant 4 pour 100 d'acide sulfurique ($d=1,843$), la soudure est anodique; la force électromotrice de la pile croît d'abord en fonction du temps, puis se stabilise.

Dans une solution aqueuse contenant 2 pour 100 d'acide chlorhydrique ($d=1,19$), la soudure est anodique; la force électromotrice décroît dans le temps avant de se stabiliser : pour certaines électrodes elle s'annule puis change de signe et la soudure devient alors cathodique.

*b.* Le métal de la soudure est un acier spécial contenant moins de 0,20 de carbone, 1 à 2 pour 100 de nickel ou 0,5 pour 100 de chrome et de cuivre, environ.

Dans les deux électrolytes précédents la soudure est généralement cathodique; quelle que soit cette polarité, la force électromotrice décroît avec le temps avant de se stabiliser à une valeur plus ou moins élevée suivant la composition de la soudure; elle peut dans certains cas devenir nulle.

2° Le métal de base est un acier spécial soudable contenant par exemple 0,5 à 1,2 pour 100 de manganèse; 0,5 à 1 pour 100 de chrome; 0,5 pour 100 de cuivre et moins de 0,25 pour 100 de carbone.

*c.* Le métal de la soudure est un acier au carbone.

Dans la solution aqueuse d'acide sulfurique, la soudure est anodique et la force electromotrice augmente avant de se stabiliser,

*d.* Le métal de la soudure est un acier spécial ainsi que dans le paragraphe *b.*

La polarité de la soudure ainsi que les variations de la force électromotrice varient dans chaque cas particulier.

Cette méthode permet la détermination rapide de l'électrode dans le cas de la soudure à l'arc, ou du métal d'apport dans le cas de la soudure au chalumeau qui conviennent, du point de vue de la corrosion, à la soudure d'un métal donné.

COLLOÏDES. — *Action du courant électrique sur les champs de diffusion dans les gels colloïdaux*. Note (¹) de M. **Jean Swyngedauw**, présentée par M. Jean Perrin.

Le passage du courant électrique dans un gel colloïdal détermine, au voisinage des électrodes, des phénomènes de gonflement et de dégonflement (²) qui résultent de la superposition du courant au champ de diffusion des produits de l'électrolyse dans le gel.

Nous avons étudié systématiquement l'action du courant sur le champ de diffusion d'électrolytes quelconques, de la manière suivante, qui élimine l'action des électrodes :

Le gel est coulé en couches minces de 2 ou 3$^{mm}$ d'épaisseur sur lames de verre; il est divisé en trois segments par deux rigoles de 4 à 5$^{mm}$ de largeur, obtenues en sectionnant et extrayant au couteau toute l'épaisseur du gel; on remplit ces rigoles de solutions diverses. Le courant est amené aux segments extrêmes par l'intermédiaire de mèches de coton imbibé d'une solution décinormale de $NaCl$; dans le segment central, il se superpose au champ de diffusion des solutions expérimentées.

Différentes catégories d'expériences ont été effectuées parallèlement sur gels de gélatine ou de gélose préparés avec de l'eau distillée, ou avec des solutions de sels neutres ou d'acides ou de bases; leur pH était déterminé par la méthode colorimétrique. Dans chacune de ces expériences, on a fait varier la nature des substances diffusantes.

1° *Diffusion de sels neutres en gels neutres*. — Les gels préparés à l'eau distillée ont un pH de 6 à 6,5 pour la gélatine, de 7 à 7,5 pour la gélose; ils sont toujours légèrement conducteurs par leurs impuretés et laissent passer le courant qu'on règle par potentiomètre à quelques dixièmes de milliampère.

---

(¹) Séance du 4 juin 1934.

(²) Michaud, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1217, 177; 1923, p. 30; 178, 1924, p. 993; S. Veil, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 454.

Les rigoles étant garnies de solution de NaCl.N/1, le résultat est le même pour la gélose ou pour la gélatine : au bout de quelques minutes d'application du courant, le gel subit un gonflement dans la zone de diffusion la plus voisine du pôle négatif (nous dirons qu'il présente un *gonflement cathodique*), tandis que vers l'extrémité positive, on observe une zone de *dégonflement anodique* qui se présente comme une dépression transversale parallèle à la rigole. Le gonflement, au contraire, apparaît comme un simple épaississement du gel accompagné d'une exsudation de liquide particulièrement abondante dans le cas de la gélose.

Au contraire, on dissout du NaCl dans le gel avant de le couler, de façon à réaliser une concentration sensiblement N/1, les rigoles étant garnies d'eau distillée, au bout de quelques minutes, on *observe le phénomène exactement inverse du précédent : gonflement anodique, dégonflement cathodique.*

Enfin, dans le cas où le gel et les solutions des rigoles sont chlorurés au même taux, aucun phénomène ne se produit aux zones de contact : effectivement, il n'y a pas de champ de diffusion. Ces expériences répétées avec différents sels diffusants ($SO^4Na^2$, — $SO^4Mg$, — $CaCl^2$) donnent des résultats sensiblement identiques représentant seulement quelques légères différences d'intensité.

2° *Diffusion d'acides ou de bases en gels neutres.* — Ces phénomènes ne se différencient pas spécifiquement de ceux qu'on observe avec des sels neutres : gonflement cathodique, dégonflement anodique, mais ce dernier revêt dans le cas de la gélatine un aspect morphologique particulier qui sera étudié ultérieurement.

3° *Diffusion de sels neutres en gels acides ou basiques.* — Ces phénomènes ne sont pas les mêmes avec la gélatine ou avec la gélose.

Avec la gélatine, lorsqu'on expérimente sur une série de gels de pH compris entre 2 et 9, les rigoles étant garnies de NaClN/1, on observe pour tout pH supérieur à 4,7, point isoélectrique de la gélatine, un gonflement cathodique et un dégonflement anodique; pour tout pH inférieur à 4,7 : un gonflement anodique avec dégonflement cathodique.

Les phénomènes sont exactement opposés si l'on garnit les rigoles d'eau distillée : gonflement anodique, pour les gels de pH supérieur à 4,7, gonflement cathodique si le pH est supérieur à 4,7.

Avec la gélose, quel que soit le pH, depuis 1 jusqu'à 9, les phénomènes sont de tous points comparables à ce qu'ils sont pour la gélatine, au-dessus du point isoélectrique : gonflement cathodique au contact d'une solution de NaCl, gonflement anodique au contact d'eau distillée. En aucun cas,

nous n'avons pu observer l'inversion du phénomène de gonflement signalée pour la gélatine. Au-dessous du pH = 1, le sel se forme d'ailleurs très difficilement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'acide dimétaphosphorique.*
Note de MM. **A. Travers** et **Yu Kwong Chu**, présentée par M. Urbain.

L'étude de la préparation du dimétaphosphate de sodium, et celle de l'acide correspondant a été reprise récemment par M. Pascal et Mme Rechid (1). Ces auteurs ont montré que l'acide dimétaphosphorique, $P^2O^6H^2$, s'hydratait directement en acide pyrophosphorique $P^2O^7H^4$.

Nous avons de notre côté essayé de donner de nouveaux modes de préparation du dimétaphosphate de sodium, et d'apporter une confirmation à ce sujet très difficile.

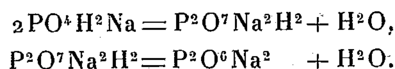
En répétant l'expérience de M. Pascal et de Mme Rechid, nous n'avons pas pu obtenir un sel absolument pur, à la fois neutre à l'hélianthine et à la phtaléine : *il renferme un peu de pyrophosphate acide* (2).

Nous avons repris, en la modifiant, la méthode de Knorre (3); cet auteur a cru obtenir le trimétaphosphate; nous pensons qu'il avait plutôt le dimétaphosphate. Il chauffait progressivement le sel $PO^4HNaNH^4$ ou $PO^4H^2Na$.

Vers 245°, il obtient déjà du métaphosphate insoluble, mais également une quantité importante de « trimétaphosphate » soluble dans l'eau, à côté d'ailleurs de pyrophosphate acide non transformé.

En partant de l'orthophosphate primaire $PO^4H^2Na.H^2O$, il obtient des résultats analogues.

La formation, à notre sens, du sel $P^2O^6Na^2$ s'explique naturellement par la *déshydratation progressive de l'orthophosphate primaire en passant par le pyrophosphate acide*, suivant les schémas :



$$2PO^4H^2Na = P^2O^7Na^2H^2 + H^2O,$$
$$P^2O^7Na^2H^2 = P^2O^6Na^2 + H^2O.$$

Or, si l'on chauffe de l'orthophosphate secondaire vers 300° avec un

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 828; Mme Rechid, *ibid*, p. 860.

(2) Le pyrophosphate peut être reconnu et dosé par la réaction que nous avons indiquée (*Helv. Chim. Acta*, 16, 1933, p. 913).

(3) *Z. anorg. Chem.* 24, 1900, p. 391.

sel d'ammoniac, on forme de l'orthophosphate primaire, par suite de la dissociation de $NO^3NH^4$ et de la mise en liberté d'acide. $PO^4H^2Na$ *à l'état naissant* se déshydrate plus facilement [1].

*Pour éviter la polymérisation de* $P^2O^6Na^2$ *formé*, il y a intérêt à abaisser le plus possible la température de déshydratation : dans ce but, nous avons chauffé *dans le vide, à 250° seulement*, pendant 8 heures, le mélange suivant :

| | |
|---|---|
| $PO^4HNa^2.12H^2O$ | 5 parties |
| $NO^3NH^4$ | 1 partie |
| $ClNH^4$ | 1 » |

Le produit obtenu, lentement refroidi, est dissous dans l'eau; à l'aide de quelques gouttes de soude ou d'acide, on le ramène à la neutralité exacte *à l'hélianthine :* le pyrophosphate acide, qui peut rester *très soluble* contrairement au pyrophosphate neutre, s'élimine facilement. Après plusieurs cristallisations, on obtient un sel parfaitement pur, *bien cristallisé*, biréfringent.

L'analyse lui donne la formule $P^2O^6Na^2.3H^2O$ :

| | Trouvé. | | Calculé. |
|---|---|---|---|
| $Na^2O$ | 24,05 | 24,37 | 24,03 |
| $P^2O^5$ | 54,77 | 54,74 | 55,02 |
| Eau (par différence) | 21,18 | 20,89 | 20,95 |

*Cryoscopie dans l'eau.* — Pour les concentrations de 30 g/litre et de 40 g/litre, la cryoscopie a donné les P. M. 68,4 et 69,6. Pour une solution infiniment diluée, on obtient par extrapolation la valeur de 65,8; en admettant l'ionisation totale, le calcul indique 68 pour $P^2O^6Na^2$, alors qu'il donne 76,5 pour le trimère $(PO^3Na)^3$.

On peut donc conclure qu'on a bien affaire au dimétaphosphate de sodium [2].

A partir de ce sel en solution assez concentrée (1/10), et par double décomposition avec le nitrate de plomb, on sépare du dimétaphosphate de

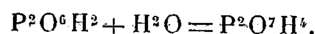
---

(1) La méthode de Fleitmann (*Pogg. Ann.*, 65, 1845, p. 364), chauffage des oxydes de cuivre, manganèse, zinc, en présence d'un excès de $PO^4H^3$ à 350°, revient en somme à la déshydratation de l'orthophosphate primaire.

(2) Nous avions d'abord pensé à faire la détermination cryoscopique dans le sel de Glauber, à 33° (LOWENHERZ, *Z. phys. Chem.*, 3e série, 18, 1895, p. 70) pour n'avoir pas à tenir compte de l'ionisation. Nous avons trouvé dans ce milieu un abaissement cryoscopique nul, correspondant à un état hautement polymérisé.

plomb *très bien cristallisé;* ce dernier, agité à 0° avec des billes de verre, en présence de $SH^2$, donne une solution d'acide dimétaphosphorique; on chasse $SH^2$ par un courant d'azote, toujours à 0°.

L'acide obtenu s'hydrate très lentement à froid, plus rapidement à chaud, en acide pyrophosphorique; si l'on ne dépasse pas 66°, ce dernier reste stable (¹), et la courbe de vitesse d'hydratation (log. concentration en acide méta, en fonction du temps) est une droite, comme le veut la théorie :



$$P^2O^6H^2 + H^2O = P^2O^7H^4.$$

La réaction est du premier ordre. Les mesures de vitesse ont été faites à 66° ($t_{eb}$ de $CH^3OH$). Au delà de cette température, à 78°, par exemple ($t_{eb}$ de $C^2H^5OH$), l'hydratation de l'acide pyro en $PO^4H^3$ se superpose à l'hydratation de l'acide dimétaphosphorique.

Ce dernier acide ne coagule pas l'albumine.

Ces recherches confirment les résultats de M. Pascal et de Mme Rechid, à savoir, que l'acide dimétaphosphorique s'hydrate en donnant l'acide pyrophosphorique, et apportent ainsi une contribution intéressante sur ce sujet plein d'incertitudes et de contradictions. Le chauffage à 900°, pendant deux heures, du sel $P^2O^6Na^2$, conduit à un polymère, qui, à la concentration de 20 g/l, a donné, par cryoscopie dans l'eau, un P. M. de 363, et à celle de 30 g/l, un P. M. de 375. L'extrapolation à l'origine donne un P. M. de 338, c'est-à-dire plus de 6 fois le P. M. apparent du monomère $PO^3Na/2 = 51$.

La solution de ce polymère, traitée par l'acide acétique, coagule l'albumine : *La propriété de coaguler l'albumine semble donc appartenir aux acides métaphosphoriques fortement polymérisés.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dédoublement spontané de la dilactyldiamide racémique en solution aqueuse.* Note de M. **P. Vièles**, présentée par M. Delépine.

La $(d+l)$ dilactyldiamide que nous avons décrite (²) présente, ainsi qu'il a déjà été signalé en 1932, par M. Godchot et nous-même (³), le

(¹) Sauf en présence d'autres acides minéraux, qui catalysent son hydratation (action des ions hydrogène).

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1430.

(³) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51, 1932, 588.

phénomène du dédoublement spontané en solution aqueuse. Nous indiquons ici les résultats généraux obtenus, réservant pour une publication plus détaillée l'ensemble des données numériques de ce phénomène.

I. *Constatation du dédoublement spontané.* — Les solutions saturées de $(d+l)$ dilactyldiamide, lentement évaporées à 45°, laissent déposer des cristaux, parfois très volumineux, en forme de prismes hexagonaux terminés par des pyramides, anhydres, les uns dextrogyres et les autres lévogyres, fondant à 208°. A 15°, au contraire, les solutions saturées laissent déposer de grands cristaux plats, constitués par le racémique hydraté : $2C^6H^{12}O^3N^2.2OH^2$. Placés dans un dessiccateur ou chauffés au-dessus de 40°, ces cristaux se déshydratent lentement; chauffés brusquement, ils se boursouflent à 100°, puis fondent nettement à 183°.

M. Manville a constaté que le racémique hydraté cristallise dans le système triclinique et les amides actives, dans le système orthorhombique.

II. *Étude du dédoublement.* — Van't Hoff et Bakhuis Roozeboom [1] ont montré que ce phénomène est comparable à la décomposition des sels doubles; en particulier, il existe une *température de transition* au-dessus (ou au-dessous) de laquelle le dédoublement est possible, parce que le racémique n'est plus stable.

Dans le cas actuel, le point de transition est donc compris entre 15 et 45°. Pour le déterminer plus exactement, après avoir essayé sans succès diverses méthodes (dilatométrie, analyse thermique, par exemple), nous avons dû finalement recourir à une méthode polarimétrique, reposant sur ce fait que, si l'on ajoute à une solution doublement saturée en racémique et en l'un des deux antipodes, une petite quantité de corps actif ou de racémique, la composition de cette solution, et par conséquent son activité optique ne changent pas. Le pouvoir rotatoire de ces solutions doublement saturées diminue quand la température d'équilibre s'élève, il s'annule au point de transition, situé ici entre 34° et 35°,5. Aux températures supérieures, les solutions doublement saturées sont inactives, les deux dépôts en équilibre étant constitués par les deux inverses optiques dont les solubilités sont identiques. Nous avons en même temps construit les isothermes de solubilité des mélanges d'amides $d$ et $l$ et reconnu que leur allure est conforme aux prévisions de B. Roozeboom. Les points de ces courbes ont été déterminés en mesurant le pouvoir rotatoire des solutions saturées [la variation de cette grandeur en fonction de la température et de la concentration

(1) *Zeitschr. f. physik. Chemie*, 28, 1899, p. 494.

ayant été précédemment étudiée ([1])], puis en pesant le résidu de l'évaporation à sec.

III. *Conduite du dédoublement.* — Nous avons cherché à utiliser ce phénomène pour préparer des quantités notables d'amides actives; nous avons opéré des trois façons suivantes :

*a. Triage des cristaux* déposés lentement dans une solution maintenue à 40°. Les cristaux actifs ne présentent aucune hémiédrie visible; on doit déterminer leur signe au polarimètre ou encore en observant la fusibilité du mélange d'un cristal avec un autre de signe connu ([2]). Ce procédé est long.

*b. Accroissement de germes marqués et de signes connus*, au sein d'une solution inactive très lentement évaporée à 40°; ce procédé fournit de beaux cristaux, mais il est d'une application délicate en raison des cristallisations désordonnées qui se produisent souvent.

*c. Amorçage de la cristallisation en solution inactive sursaturée par introduction de germes de signes connus.* — Ce procédé, application d'une observation bien connue de Gernez ([3]), s'est révélé le plus rapide et le plus pratique.

On laisse refroidir très lentement, en flacon bouché, une solution d'amide, saturée à 80°; quand la température est descendue à 40°, on introduit une petite quantité d'amide active, droite, par exemple finiment pulvérisée (le 1/1000e du poids de racémique). La cristallisation de l'antipode droit se déclenche instantanément. On essore aussitôt. Le filtrat contient un excès d'antipode gauche qui se dépose à son tour rapidement. Les deux dépôts de signes contraires ainsi obtenus ne sont évidemment pas tout à fait purs. Il suffit de les faire recristalliser au-dessus de 35° pour obtenir les cristaux actifs purs, qui se déposent seuls, tant que l'eau mère reste elle-même active.

Nous avons constaté que cette cristallisation d'un seul des antipodes par amorçage à l'aide de germes actifs est encore réalisable dans des solutions refroidies bien au-dessous de 35°. Ce phénomène de cristallisation forcée ne nous semble pas surprenant puisqu'il se produit dans un système déjà en faux équilibre.

---

([1]) *Comptes rendus*. 197, 1933, p. 40.

([2]) Par la méthode de Mme Bruzau (*Annales de Chimie*, 11e série, 1, 1934, p. 319).

([3]) *Comptes rendus*, 63, 1866, p. 843.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nitration du chloroparaxylène.* Note de M. **Henri Wahl**, présentée par M. Delépine.

J'ai montré ([1]) que la nitration du chloroparaxylène s'accompagne de phénomènes d'oxydation conduisant à la formation d'aldéhydes, qu'on isole par l'intermédiaire de leur combinaison bisulfitique cristallisée. J'ai pu extraire et caractériser ainsi le chloro-3-méthyl-4-benzaldéhyde à côté d'une fraction d'un point d'ébullition plus élevé, dont l'étude fait l'objet du présent travail.

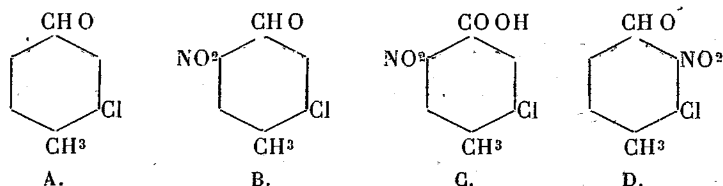
Cette fraction, $Eb_{15} = 170\text{-}175°$ se solidifie partiellement par refroidissement et la partie solide recristallisée dans l'alcool fournit des aiguilles blanches, $F = 100°$, auxquelles l'analyse assigne la formule $C^8H^6O^3NCl$ (trouvé pour 100 : $C = 48,30$; $H = 3,2$; $Cl = 17,80$; $N = 6,99$; calculé pour 100 : $C = 48,1$; $H = 3,0$; $Cl = 17,70$; $N = 7,01$). Ces chiffres correspondent à ceux d'un *aldéhyde chlorométhylnitrobenzoïque* dont la fonction aldéhydique est effectivement mise en évidence par les composés suivants : *Oxime*, cristaux blancs, $F = 145°$ (corr.); analyse, trouvé pour 100 : $N = 13,10$; calculé, $N = 13,05$); *Phénylhydrazone*, cristaux rouges, $F = 228°$ (déc., corr.) (analyse, trouvé pour 100 : $N = 14,4$; calculé pour 100 : $N = 14,5$); *Semicarbazone*, cristaux jaunes, $F = 310°$ (déc., corr.) (analyse, trouvé pour 100, $N = 20,4$; calculé $N = 20,5$). Pour distinguer entre les six aldéhydes chloronitrométhylbenzoïques isomères possibles, j'ai soumis cet aldéhyde en suspension aqueuse à l'oxydation par le permanganate étendu, ce qui m'a fourni un acide chloronitrométhylbenzoïque fondant à 185° après recristallisation dans l'alcool aqueux (analyse, trouvé pour 100 : $N = 6,54$; calculé, $N = 6,50$). Parmi les six acides connus ([2]), ceux dont les points de fusion sont les plus rapprochés sont l'acide chloro-3-méthyl-4-nitro-6-benzoïque, $F = 184\text{-}185°$, l'acide chloro-2-méthyl-4-nitro-3-benzoïque, $F = 192°$, et l'acide chloro-2-méthyl-4-nitro-5-benzoïque, $F = 180\text{-}181,5°$. La constitution la plus probable est donc la première (formule C) qui entraîne pour

---

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1612.

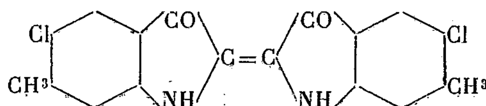
([2]) Beilstein, *Handb. der Org. Chem.*, 4e édit., **9**, p. 503.

l'aldéhyde la constitution B :




d'une *chloro-3-méthyl-4-nitro-6-benzaldéhyde*.

Cette probabilité devient une certitude par la synthèse que j'en ai réalisée au départ de l'aldéhyde chloro-3-méthyl-4-benzoïque A que j'ai décrit précédemment. En effet, la nitration de cet aldéhyde par le mélange sulfonitrique fournit, avec un rendement quantitatif, l'aldéhyde nitré en cristaux ($F = 100^\circ$) identiques avec les précédents. La position de l'atome de chlore se trouve ainsi fixée; il est situé en ortho du $CH^3$. Il reste à fixer celle du groupe nitré. Or cet aldéhyde nitré, dissous dans l'acétone, réagit avec la soude caustique en donnant un précipité cristallin violet qui, recristallisé dans le nitrobenzène, forme des aiguilles prismatiques violet foncé, ayant la composition d'un *dichlorodiméthylindigo* (trouvé pour 100 : $N = 7,95$; calculé : $N = 7,84$). Cette réaction démontre que le groupe nitré s'est placé en ortho de la fonction aldéhydique, ce qui ne laisse que deux formules possibles (B ou D). Mais, comme l'acide correspondant à l'aldéhyde D fond à 211°, alors que celui qui dérive de B est indiqué comme fondant à 185° comme l'acide que j'ai obtenu, il en résulte qu'il s'agit de l'*aldéhyde chloro-3-méthyl-4-nitro-6-benzoïque* et que, par conséquent, le colorant indigoïde décrit plus haut est le *diméthyl-6.6'-dichloro-5.5'-indigo*




La partie liquide de laquelle on a séparé l'aldéhyde précédent constitue un mélange d'aldéhydes isomères dont la séparation n'a pu être réalisée à cause de la petite quantité de matière. Toutefois, l'isomérie est démontrée d'abord par l'analyse et ensuite par l'action de la phénylhydrazine, qui conduit à une *phénylhydrazone* en cristaux orangés (alcool), $F = 145^\circ$, dont la composition correspond à la phénylhydrazone d'une aldéhyde chloro-nitro-méthylbenzoïque.

En résumé, la nitration du chloro-para-xylène fournit comme produits secondaires l'aldéhyde chloro-3-méthyl-4-benzoïque, ainsi que quelques-

uns de ses dérivés nitrés. Comme jusqu'ici la formation d'aldéhydes, dans ces conditions, n'avait pas été observée, il était intéressant de rechercher si elle est particulière à la nitration du chloro-paraxylène. J'ai donc nitré le paraxylène lui-même et j'ai recherché l'aldéhyde, en agitant le produit de la nitration avec du bisulfite de sodium. Il ne tarde pas à se former une combinaison cristalline, qui, par décomposition, donne un liquide que la distillation dans le vide permet de séparer en deux fractions ; l'une liquide $Eb_{15} = 100-105°$ et une seconde $Eb_{15} = 140-145°$, cristallisant et fondant à 42-43°. La première est formée par de l'aldéhyde paratoluique comme le démontre l'analyse, la phénylhydrazone F = 108°, la *p*-nitrophénylhydrazone F = 196°. Quant aux cristaux, leur composition est celle d'un dérivé nitré de l'aldéhyde précédente, que la phénylhydrazone, F = 105°, et la *p*-nitrophénylhydrazone, F = 223°, caractérisent comme méthyl-4-nitro-3-benzaldéhyde décrite par Hanzlick (¹).

Ainsi la formation d'aldéhydes n'est pas une particularité de la nitration du chloro-paraxylène puisqu'elle se constate également avec le carbure non chloré, mais en proportion plus faible. Il s'agit peut-être même d'une réaction plus générale, sur laquelle je me propose de revenir plus tard, car, pour le moment, elle dépasse le cadre de mes recherches en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation du méthoxy-2 bromo-5 α-chlorotoluène et son action sur les organomagnésiens.* Note (²) de M. **Raymond Quelet**, transmise par M. Grignard.

J'ai indiqué (³) qu'il était possible d'obtenir directement, avec un rendement de 50 pour 100, le méthoxy-2 bromo-5 α-chlorotoluène en abandonnant, à la température ordinaire, un mélange de parabromoanisol, d'éther chlorométhylique et de chlorure de zinc.

Cette préparation s'effectue beaucoup plus rapidement et avec un rendement de 80 pour 100 en saturant par le gaz chlorhydrique, à la température de 70°, un mélange bien agité de 450g de parabromoanisol, 150g de formol et 110g de chlorure de zinc. Aussitôt après la saturation, dont la durée est de 45 à 50 minutes, le mélange est versé dans la glace, lavé soigneusement,

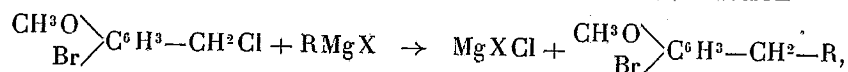
(¹) *Ber. der deutsch. chem. Ges.*, **32**, 1899, p. 1288.

(²) Séance du 4 juin 1934.

(³) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 155; **196**, 1933, p. 1411.

séché sur du sulfate de sodium et distillé sous pression réduite. Le produit obtenu, Éb. 153° sous 15$^{mm}$, se solidifie par refroidissement et, après cristallisation dans le mélange alcool-éther, se présente sous forme de prismes quadratiques volumineux F. 27°,5 (1).

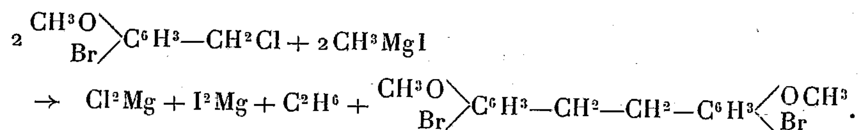
En possession de cette méthode de préparation qui fait du chlorure de bromo-méthoxybenzyle une matière première très facilement accessible, j'ai étudié son action sur les organomagnésiens dans le but de rechercher s'il était possible de réaliser dans de bonnes conditions la réaction



qui permet d'aboutir directement aux méthoxy-2 bromo-5 alcoylbenzènes jusqu'alors peu connus.

En réalité, et comme le laissaient prévoir les études effectuées jusqu'à ce jour sur le comportement des halogénures benzyliques (2), la réaction avec les organomagnésiens aliphatiques est complexe et, dans les cas les plus favorables, le rendement en produit normal ne dépasse pas 45 pour 100.

Avec l'iodure de méthylmagnésium, en opérant à la température d'ébullition de l'éther, on obtient presque quantitativement le diméthoxy-2-2′ dibromo-5-5′ diphényl-éthane symétrique (3) (Éb. 254-255° sous 12$^{mm}$; aiguilles F. 137°,5) qui prend naissance par la réaction de couplage :



L'élévation de la température favorise la réaction normale : en effectuant la condensation au voisinage de 100°, on obtient 10 pour 100 de méthoxy-2 bromo-5 éthylbenzène : liquide Éb. 123° sous 17$^{mm}$.

Le chlorure de bromo-méthoxybenzyle réagit très lentement à 0° sur le bromure d'éthylmagnésium ; il se dégage un mélange d'éthane et d'éthylène et, après un temps de contact suffisant, la distillation du produit d'hydrolyse montre qu'il s'est formé presque exclusivement du dibromo-diméthoxydiphényléthane.

En opérant à la température d'ébullition de l'éther, la réaction est rapide ; à côté de l'éthane et de l'éthylène qui se dégagent encore en abondance, on peut isoler :

---

(1) Dans la première des Notes précédentes, j'ai décrit ce corps comme étant liquide à la température ordinaire. Il est possible que la non-cristallisation de l'échantillon étudié soit due à la présence de traces d'un isomère non identifié.

(2) Spaeth, *Monats. f. Chem.*, 34, 1913, p. 1965 ; Fuson, *Am. chem. Soc.*, 48, 1926, p. 830 et 2681 ; Bert, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 587, etc.

(3) J'ai obtenu également ce produit en traitant le chlorure de bromo-métoxybenzyle par le magnésium dans les conditions habituelles de la réaction de Grignard.

1° du méthoxy-2 bromo-5 toluène, en très faible proportion;

2° 10 pour 100 de méthoxy-2 bromo-5 propylbenzène, liquide Éb. 134° sous 15mm, $n_D^{18} = 1,5455$, $d_4^{18} = 1,314$;

3° 80 pour 100 de dibromo-diméthoxydiphényléthane.

Si l'on verse lentement le chlorure de bromo-méthoxybenzyle dans le bromure d'éthylmagnésium agité et maintenu au voisinage de 100°, la dernière réaction diminue beaucoup d'importance et il est alors possible d'obtenir le bromo-méthoxypropylbenzène avec un rendement de 45 pour 100. Par contre, la première réaction est nettement favorisée et il se forme environ 10 pour 100 de bromo-méthoxytoluène.

Le magnésien du bromure de propyle normal se comporte d'une façon analogue; en opérant à 100°, on obtient assez facilement le méthoxy-2 bromo-5 butylbenzène, Eb. 147° sous 12mm, $n_D^{17} = 1,540$.

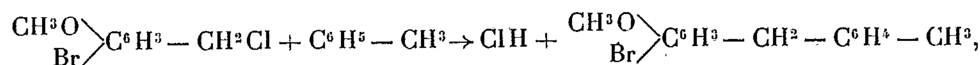
Traités en solution éthérée par le chlorure de bromo-méthoxybenzyle, les magnésiens du type du bromure de phénylmagnésium réagissent beaucoup plus lentement que les bromures d'alcoylmagnésium; mais, en maintenant le mélange à l'ébullition pendant 5 à 6 heures, la réaction normale de double décomposition s'effectue avec un rendement de 50 pour 100. Au voisinage de 100°, la transformation est immédiate et elle peut être avantageusement utilisée pour préparer des bromo-méthoxydiphénylméthanes.

Les produits suivants ont été obtenus :

— A partir du bromure de phénylmagnésium; le bromo-5 méthoxy-2 diphénylméthane, Eb.; 208 sous 12mm, prismes F. 44°:

— A partir du magnésien du para-bromotoluène : le bromo-5 méthoxy-2 méthyl-4' diphénylméthane, Eb. 214° sous 12mm, lamelles F. 73°.

Lorsqu'on veut faire agir le chlorure de bromo-méthoxybenzyle sur un magnésien à une température supérieure au point d'ébullition de l'éther, il importe de ne pas employer comme solvant le toluène ou tout autre carbure benzénique. Des essais effectués en présence de toluène ont montré qu'il se formait toujours de 15 à 30 pour 100 de bromo-5 méthoxy-2 méthyl-4' diphénylméthane d'après la réaction



$$\begin{matrix}CH^3O\\Br\end{matrix}\!\!>C^6H^3-CH^2Cl+C^6H^5-CH^3\rightarrow ClH+\begin{matrix}CH^3O\\Br\end{matrix}\!\!>C^6H^3-CH^2-C^6H^4-CH^3,$$

provoquée par le bromure de magnésium qui provient de la réaction normale [1].

[1] Bert (*loc. cit.*) a observé une réaction analogue avec le chlorure de cumyle.

GÉOLOGIE. — *L'Oligocène sous le bassin molassique de Malaucène (Vaucluse), d'après un récent sondage.* Note de M. **Georges Corroy**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'Oligocène de la bordure du massif Gigondas-Suzette, à l'Ouest du Mont Ventoux, est surtout bien connu depuis que P. Termier a présenté en 1927 une étude détaillée de la région, d'après un lever cartographique de P. Thiéry et G. Gardet (¹). Ces géologues ont en effet fixé l'âge du complexe lacustre et lagunaire que Fontannes et Leenhardt appelaient tertiaire lacustre; et deux coupes stratigraphiques observées, l'une à Notre-Dame du Groseau, l'autre dans le chaînon de Cleyrier (Est et Ouest de Malaucène), ont révélé la présence du Lattorfien et du Rupélien en discordance sous la mollasse burdigalienne.

Au Groseau, le Lattorfien, synchronique des couches de Gargas, repose sur l'Urgonien et comprend un conglomérat de base à silex éocrétacés, des sables bigarrés quartzeux, des marnes gris verdâtre avec grès et gypse, enfin des calcaires en plaquettes. Le Rupélien surmonte ces horizons; ce sont principalement des calcaires durs, caverneux, à *Planorbis cornu*, *Helix* et Limnées; puis une alternance de marno-calcaires et de calcaires, avec lentilles de gypse pouvant aller jusqu'à 35ᵐ de puissance. Au-dessus vient la mollasse à *Pecten præscabriusculus*.

Dans le chaînon de Cleyrier, la coupe est à peu près similaire : le conglomérat lattorfien surmonte ici le Trias de Suzette; les sables bigarrés sont à l'état de grès entremêlés de poudingues et d'argile, et les marnes vertes avec gypse et intercalation de calcaires en plaquettes sont assez puissantes. Quant au Rupélien, il est également caractérisé par des calcaires durs et caverneux à *P. cornu*, par des calcaires à Cyrènes, insectes et plantes, puis par une alternance de marnes, de calcaires avec gypse et silex, de grès et de calcaires blonds très fossilifères à la partie supérieure (Planorbes, Cyclostomes, Limnées, Helix).

Vers le Sud (Granges-Rouges notamment), le Lattorfien inférieur disparaît et les marnes vertes reposent directement sur le Trias (Col Saint-Michel).

La puissance de cette série oligocène varie entre 200 et 300ᵐ aux affleurements précités, les seuls bien observables d'ailleurs dans le bassin de Malaucène, car les quelques îlots jurassiques ou crétacés qui apparaissent çà et là en dôme dans le manteau mollassique n'ont amené au jour aucun élément oligocène.

---

(¹) P. Termier, *Nouvelle contribution à l'étude du problème de Suzette* (*Bull. Soc. géol. franç.*, 4ᵉ série, 27, 1927, p. 57-76).

Or un récent sondage, installé au Pont-Rouge, dans la plaine burdigalienne à proximité de la route Malaucène-Vaison, nous a révélé la constitution et la puissance de l'Oligocène sous la mollasse. On peut présenter succinctement la coupe traversée par ce sondage de la manière suivante :

*a.* de 0 à 112$^m$,25 : alternance de grès, marnes grises et mollasses, ces dernières très micacées vers 100$^m$;

*b.* de 112$^m$,25 à 239$^m$ : calcaires fins, gris clair ou blonds, avec gypse et rognons de silex; alternance de marnes schisteuses, de lits très marneux grisâtres ou d'argile jaune. A 102$^m$,40, passée charbonneuse avec limonite;

*c.* de 239$^m$ à 264$^m$,50 : calcaires durs, très caverneux (ayant même accidenté le sondage à 259$^m$,05);

*d.* de 264$^m$,50 à 397$^m$70 : marnes gris verdâtre et calcaires blonds avec gypse. Abondance de ce dernier à 313$^m$,90 et marnes très pyriteuses vers le bas;

*e.* de 397$^m$,70 à 402$^m$,20 (fin du sondage) : marnes calcaires, schisteuses, assez dures et de couleur foncée.

Au point de vue paléontologique, j'ai observé quelques Radiolaires dans les calcaires blonds; une petite *Isocardia* sp. à 401$^m$; enfin un fragment d'Ammonite très aplatie, dont la costulation rappelle celle des *Perisphinctes* du Kiméridgien, à 401$^m$,80

Cette coupe peut s'interpréter ainsi : *a.* représente le Burdigalien; *b.* et *c.* le Rupélien, comparable à celui du Groseau notamment, avec les calcaires caverneux à la base; *d.* le Lattorfien supérieur; *e.* le Jurassique supérieur.

L'Oligocène existe donc sous le bassin mollassique de Malaucène; mais la série inférieure du Lattorfien telle qu'elle est connue aux affleurements (sables bigarrés et conglomérats) fait défaut. Les marnes vertes reposent directement, comme aux Granges-Rouges, sur le substratum, ici le Jurassique.

Le pendage des sédiments constaté au sondage étant de 45 à 47°, la puissance de l'Oligocène sous la mollasse au Nord de Malaucène est de 200$^m$ environ.

BOTANIQUE. — *Un cas anormal d'évolution vasculaire.*
Note (¹) de M$^{lle}$ **F. Flous**, présentée par M. L. Mangin.

Dans son étude sur l'évolution vasculaire des Angiospermes, G. Chauveaud écrit : *En interrogeant l'ontogénie des Phanérogames, par exemple, on*

(¹) Séance du 19 mars 1934.

*apprend que la disposition du système conducteur qui apparaît en premier lieu est la disposition alterne, à laquelle succèdent diverses dispositions, notamment la disposition superposée* ([1]).

Étudiant les structures primaires des Chênes dans un but de classification, M^lle^ Louit avait trouvé pour le Chêne-liège une structure très différente de celle des autres Chênes. J'ai repris la question en partant de la germination. Voici les points principaux qu'il y a lieu de signaler :

1° *Apparition du système vasculaire.* — En partant de l'extrémité de la radicule de l'embryon dans le gland, on voit que les premiers vaisseaux appartiennent aux pétioles cotylédonaires. On distingue, en effet, un méristème central duquel se séparent rapidement deux petits méristèmes latéraux. La différenciation précoce des trois régions est soulignée par l'apparition de deux fentes parallèles au plan de symétrie et situées, de part et d'autre du méristème central (*fig.* 1). On comprend la signification de ces méristèmes si l'on s'élève le long de la plantule : l'accroissement et la jonction des deux fentes entraînent finalement la séparation du bourgeon initial et des deux pétioles cotylédonaires. On a donc à la base : le méristème de l'axe qui porte le bourgeon initial, et les deux méristèmes des pétioles cotylédonaires. Lorsqu'on s'éloigne de l'extrémité de la radicule, on voit apparaître un vaisseau de bois au centre du méristème de chaque pétiole cotylédonaire. Les premiers vaisseaux qui apparaissent dans l'axe ont une disposition superposée. Ils sont situés aux quatre angles voisins des pétioles cotylédonaires (*fig.* 1).

2° Dans un stade plus avancé, la coiffe s'individualise. La disposition des premiers éléments vasculaires est encore superposée (*fig.* 2).

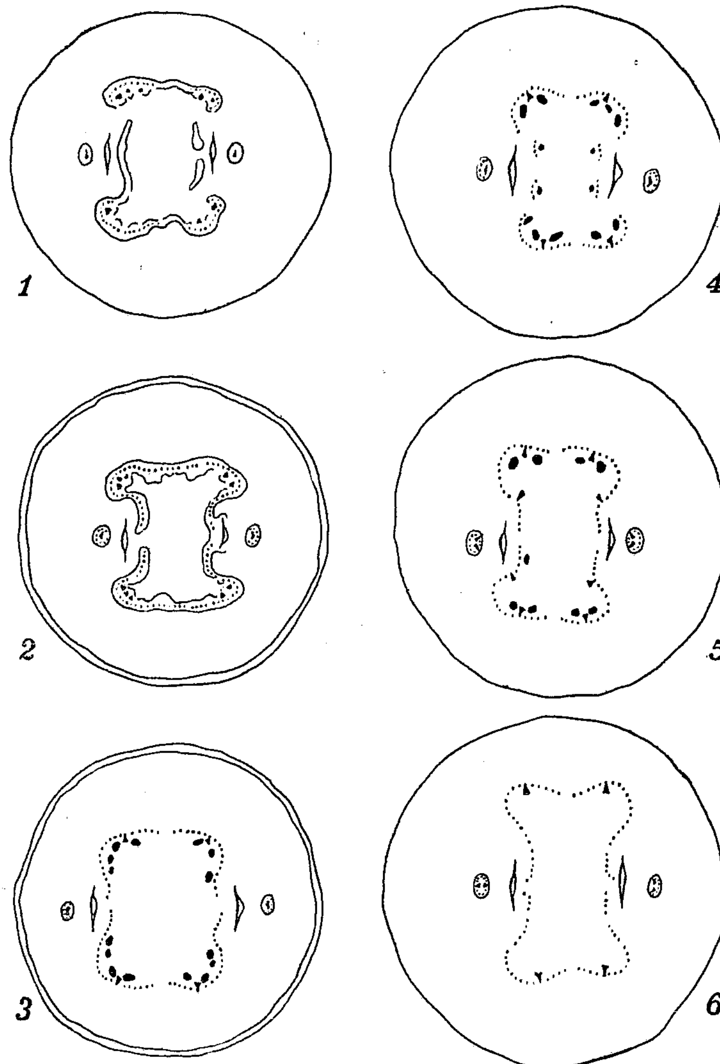
3° Dans un troisième stade (24$^{mm}$ environ), de nombreux groupes de cellules lignifiées apparaissent vis-à-vis des fragments de l'arc de liber. D'autre part, 1 à 4 petits vaisseaux alternes, à partir desquels se forment finalement 4 pointes de bois centripète, se montrent au même niveau. Dans les pétioles cotylédonaires, la disposition est toujours la même (*fig.* 3).

4° Un nouveau stade est réalisé lorsque la radicule s'est encore accrue de 2 ou 3$^{mm}$. A ce moment existe la zone pilifère. Les premiers vaisseaux qui apparaissent sont : les uns alternes, les autres superposés ou intermédiaires. En particulier, on voit bientôt 4 faisceaux superposés dans la région axiale (*fig.* 4).

---

([1]) *Annales des Sciences naturelles*, 9^e^ série, *Botanique*, **13**, 1911, p. 166.

5° Dans un stade plus âgé (45$^{mm}$ environ), les premiers vaisseaux des pétioles cotylédonaires n'apparaissent plus au centre et ne forment plus un




Sections de radicules de Chêne-liège au niveau où apparaît le système vasculaire (le liber est représenté par des points, le bois est figuré par des taches noires dont la dimension a été un peu exagérée).

faisceau unique à croissance centrifuge. On observe deux pôles soit latéraux, soit diamétralement opposés, alternant avec deux arcs de liber. Dans la partie centrale, les premiers vaisseaux qui apparaissent sont 8 vaisseaux

alternes et un nombre plus grand du type intermédiaire. Le bois superposé est plus réduit que dans le stade précédent (*fig.* 5).

6° Dans un dernier stade ($75^{mm}$), les premiers vaisseaux sont au nombre de 4 à 8, tous alternes (*fig.* 6). Un peu plus haut seulement, on voit se former deux paquets de bois intermédiaire près de la base de chaque pointe centripète et l'on observe un endoderme à cadres cutinisés. Dans les deux premiers stades, les éléments conducteurs étaient situés dans une zone à allure de méristème. Dans les 3 stades suivants, on assiste à la différenciation progressive et de plus en plus précoce d'une assise de cellules ayant l'allure d'un endoderme. Celui-ci apparaît enfin nettement au niveau de la zone pilifère entre les stades 5 et 6.

*Conclusion.* — Nous voyons donc que, dans le temps, une structure superposée est apparue avant la structure alterne. Tout se passe comme si les cellules initiales de la radicule avaient, au début de leur fonctionnement, une « accélération » maxima donnant la structure superposée; puis, au fur et à mesure de leur fonctionnement, ces cellules initiales perdraient peu à peu cette accélération et donneraient la structure intermédiaire et la structure alterne.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Signification morphologique des physodes des Phéophycées.* Note de M. **Chadefaud**, présentée par M. L. Mangin.

J'ai montré (1) que les inclusions cytoplasmiques des Phéophycées, connues sous le nom de *physodes*, peuvent se présenter sous divers aspects et avec des propriétés chimiques très variées, de sorte qu'on doit très nettement distinguer les deux notions, souvent confondues, de *physodes* et de *fucosane*. Celle-ci est un complexe tannoïde ou phénolique donnant les réactions de la phloroglucine; les *physodes* sont les éléments morphologiques du cytoplasme qui servent de substrat à la fucosane. A cette époque, je n'avais pas encore acquis une idée suffisamment claire de la nature exacte de ces éléments morphologiques, que j'aurais assimilé volontiers à de simples masses de mucilages.

Mes observations plus récentes, qui ont surtout porté sur les *Desmarestia*, les *Laminaria*, *Saccorhiza bulbosa*, *Chorda filum*, *Cylindrocarpus Berkeleyi*, *Pylaiella littoralis*, *Dictyota dichotoma* et *Cystoseira ericoides*, et qui seront

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1675-1677.

exposées en détail dans un mémoire actuellement en cours d'impression, m'ont conduit aux notions suivantes : un physode est constitué par *un substrat d'allure mitochondriale*, peu réfringent, labile, plastique, tantôt globuleux, tantôt filamenteux, et d'ailleurs susceptible de passer d'une forme à l'autre, et dépourvu d'affinités, *in vivo*, pour le rouge neutre et le bleu de crésyle; sur ce substrat peuvent se fixer deux catégories de substances absorbant ces colorants, d'une part, *une substance au moins très voisine de la métachromatine vacuolaire*, colorable en violet pourpre par le bleu de crésyle, et floculant, après coloration, sous forme de grains rouges (¹), d'autre part *la fucosane*, tannoïde et non métachromatique. D'où l'existence de quatre types de physodes : 1° physodes d'aspect mitochondrial, ayant l'aspect de leucoplastes ou de chondriocontes, et souvent impossibles à distinguer des éléments du chondriome; 2° physodes métachromatiques, qui peuvent simuler des éléments du vacuome; 3° physodes à fuscosane, qui sont les physodes classiques, et 4° physodes pourvus à la fois de substances métachromatiques et de fuscosane. Il y a des intermédiaires entre ces quatre types, et chacun d'eux peut se présenter sous plusieurs aspects; ces types peuvent coexister dans la même cellule; *un même physode peut se métamorphoser et passer de l'un à l'autre.*

Ces types sont représentés au complet chez les Laminaires et certains *Desmarestia*. Dans les cellules épidermiques de la fronde d'une plantule de Laminaire, en partant de la zone méristématique stipo-frondale, on voit les physodes évoluer et passer progressivement du type à fucosane au type métachromatique. puis finalement au type mitochondrial. Chez les *Cystoseira*, *Dictyota* et *Pilayella* les choses sont plus simples, et l'on passe généralement du type à fucosane au type mitochondrial sans phase intermédiaire métachromatique. Chez les laminaires, on observe fréquemment des physodes à fucosane formés par un filament mitochondrial peu visible, logeant un chapelet de grains de fucosane très distincts, ou simplement deux grains, un à chaque extrémité. *Chorda filum* et *Saccorhiza bulbosa* possèdent des physodes constitués par un gros grain de fucosane ovoïde ou fusiforme, entouré d'une mince gaine mitochondriale qui se prolonge en un filament parfois très long à chaque extrémité. Dans de tels physodes, la fucosane est donc disposée à peu près comme l'amidon ou les granules carosinifères dans un jeune amyloplaste ou un jeune chromoplaste de plante

(¹) Cette floculation est généralement suivie, à plus ou moins bref délai, de la destruction du stroma mitochondrial.

supérieure. Chez les autres espèces étudiées, le stroma mitochondrial n'est pas visible autour des grains de fucosane (pas plus qu'il ne l'est, d'ailleurs, autour des chloroplastes de la plupart des Phanérogames); la fucosane imprègne totalement le stroma mitochondrial du physode. Toutefois, chez *Cylindrocarpus Berkeleyi*, celui-ci se manifeste néanmoins en se vésiculisant dès que les conditions de vie de la cellule deviennent défavorables : on le voit former des vésicules non colorables vitalement à la surface du grain de fucosane.

Bien qu'il soit difficile de tirer de ces données une conclusion absolument ferme, on doit noter qu'elles conduisent à rattacher les physodes au chondriome (au sens large du terme), et à y voir des sortes de plastes, plutôt que des éléments du vacuome. Les physodes seraient des plastes (ou des chondriosomes) à colloïdes métachromatiques et à tannoïdes susceptibles, dans certains cas, de simuler des petites vacuoles. On devrait donc les rapprocher des chondriosomes des Vauchéries, ainsi que le fait remarquer P.-A. Dangeard, puisque ces derniers sont, d'après cet auteur et comme il est aisé de le vérifier, colorables vitalement par le rouge neutre et le bleu de crésyle.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La composition du ciment intercellulaire.* Note de M. **H. Colin** et M^lle **A. Chaudun**, présentée par M. Molliard.

Lorsqu'on traite par l'eau chaude les pulpes végétales préalablement dessucrées à froid, il vient, en fait de glucides, un mélange d'arabane et de pectate calco-magnésien. Ce sont là, d'après F. Ehrlich ([1]), à raison de 25 pour 100 environ du premier pour 75 pour 100 du second, les deux constituants de la *pectine insoluble* (la pectose de Frémy, le pectoside dans la nomenclature actuelle) qui forme le ciment intercellulaire chez les plantes supérieures. L'eau chaude aurait pour effet d'hydrolyser la combinaison et de dissoudre les composants en un mélange, l'*hydratopectine*.

Il nous paraît difficile d'admettre que la matière intercellulaire ait cette constitution bien définie. En effet, les extraits aqueux successifs de la pulpe dessucrée ont des propriétés tellement différentes qu'il n'est pas possible d'y voir les produits d'hydrolyse d'une seule et même substance, la pectine insoluble, définie comme il vient d'être dit.

---

([1]) *Biochem. Zeitschr.*, 168, 1926, p. 263; *Ber. d. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 628.

En opérant sur la Betterave, nous avons obtenu, à partir de 400$^g$ de cossettes industrielles de diffusion, après dessucrage complémentaire, à froid, les poids de pectine brute relatés ci-dessous (durée des épuisements : 1 heure; volume d'eau : 5 litres chaque fois) :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1....... | 95° | 12$^g$,5 | 6..... | 95° | 11$^g$,4 | 11...... | 120° | 5$^g$,3 |
| 2....... | » | 13,9 | 7..... | » | 10,6 | 12...... | » | 4,7 |
| 3....... | » | 15,5 | 8..... | 110 | 8,4 | 13..... | 135 | 6,9 |
| 4....... | » | 13,4 | 9..... | » | 5,3 | 14..... | » | 3,7 |
| 5....... | » | 12,6 | 10...... | » | 2,5 | | | |

Chacun de ces extraits renferme du pectate et de l'arabane, que l'on peut, avec peine il est vrai, séparer l'un de l'autre. Mais le pouvoir rotatoire du mélange s'abaisse de + 200° environ, pour le produit de tête, à — 25° pour le dernier. Cela laisse à entendre que l'arabane, lévogyre comme on sait, est de plus en plus abondant, et suffit, en fin d'expérience, à compenser optiquement le pectate si fortement dextrogyre soit-il.

L'analyse chimique vient à l'appui de cette interprétation. Les produits de queue donnent avec moins d'intensité que les premiers la réaction des acides uroniques à la naphtorésorcine, ils forment des gels moins épais avec l'extrait de Saturne, le sulfate de cuivre, la baryte, etc., et coagulent plus difficilement par le suc de Luzerne; ils livrent moins de $CO^2$ par action de HCl à 15 pour 100, à l'ébullition, moins d'acide tétragalacturonique par traitement aux acides dilués; leur rotation polarimétrique et leur pouvoir réducteur augmentent dans une large mesure par hydrolyse ménagée (HCl 1 pour 100) ne touchant pas au noyau uronique; l'arabinose représente la majeure partie du sucre réducteur, c'est à peine si l'on obtient l'osazone du galactose.

Ces épuisements successifs à l'eau chaude sont loin d'avoir éliminé complètement le ciment intercellulaire, on s'en rend compte rien qu'à l'examen microscopique. Il renferme encore, en quantité notable, des matières saccharifiables que l'on peut mobiliser par l'eau sous pression et, plus facilement, par les acides dilués ou par les milieux fermentaires tels que le suc d'Escargot.

Par l'eau, on obtient des solutions lévogyres, légèrement réductrices, de pH 5-5,5, de plus en plus pauvres en pectate.

Par les acides dilués (HCl à 0,25 pour 100 à 50°), les liqueurs sont franchement lévogyres, quoique réductrices, ce qui indique un grand excès

d'arabane. D'ailleurs, la pulpe simplement dessucrée, traitée de la même façon, donne, elle aussi, des solutions lévogyres, l'eau acidulée dissolvant l'arabane plus aisément que le pectate.

Par le suc d'Escargot, le milieu est réducteur, faiblement dextrogyre, le devenant de plus en plus à mesure qu'il s'enrichit en arabinose. Il coagule néanmoins, mais à la longue, par la pectase de Luzerne. Dans la suite, on peut déceler la présence de l'acide monogalacturonique.

En résumé, bien que l'arabane et le pectate paraissent, dans une certaine mesure, solidaires l'un de l'autre dans le ciment intercellulaire, il n'est pas démontré qu'ils soient combinés entre eux, ne fût-ce que par des liaisons d'ordre secondaire, en un complexe de composition définie. On se demande, du reste, ce que pourraient être ces liaisons et le ferment, la *propectinase* (1), capable de les ouvrir.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de l'alcool méthylique dans les organes foliacés des végétaux. Relation entre cet alcool et le pigment chlorophyllien.* Note (2) de M. **Michel Flanzy**, transmise par M. Paul Sabatier.

Les récents travaux de G. Bertrand (3) m'ont suggéré de nouvelles recherches sur la présence si générale de l'alcool méthylique dans les organes foliacés (4).

Pour rendre plus significatifs les travaux de G. Bertrand, mes recherches préliminaires ont été effectuées sur quelques-unes des plantes alimentaires étudiées par ce savant. C'est ainsi que j'ai choisi, d'une part des plantes alimentaires renfermant à la fois des feuilles vertes et des feuilles étiolées; d'autre part des plantes ou totalement étiolées par le mode de culture, ou totalement vertes. Et, à titre indicatif pour des recherches ultérieures, j'y ai ajouté deux échantillons d'orties aux colorations vertes différentes.

Pour chaque essai, j'ai opéré sur 1$^{kg}$ de matière fraîche, bouillie en présence d'eau, abandonnée au refroidissement, puis distillée. L'alcool méthy-

---

(1) F. Ehrlich, *Biochem. Zeitschr.*, 250, 1932, p. 525; 251, 1932, p. 204.

(2) Séance du 4 juin 1934.

(3) G. Bertrand, avec divers collaborateurs, *An. I. Pasteur*, 49, 1932, p. 492, et 52, 1934, p. 249 (dans cette Note se trouve le complément bibliographique).

(4) Maquenne, *Comptes rendus*, 101, 1885, p. 1067.

lique a été dosé sur le distillat, convenablement concentré et purifié. Il ne s'agit donc, dans ces essais, que de l'alcool méthylique libre ou facilement hydrolysable. Il a été déterminé par la méthode de microdosage récemment décrite (¹).

| Nom de la plante. | Matière sèche pour 1000. | $CH^3OH$ en mg par kg. Matière fraîche. | Matière sèche. |
|---|---|---|---|
| Chicorée frisée, échan. n° 1, feuilles vertes.... | 64,2 | 220 | 3426 |
| » feuilles étiolées... | 70,5 | 82 | 1163 |
| Chicorée frisée, échan. n° 2, feuilles vertes.... | 60,5 | 202 | 3338 |
| » feuilles étiolées... | 60,0 | 100 | 1666 |
| Laitue pommée, échan. n° 1, feuilles vertes.... | 68,6 | 232 | 3381 |
| » feuilles étiolées... | 78,4 | 138 | 1760 |
| Laitue pommée, échan. n° 2, feuilles vertes.... | 65,0 | 210 | 3230 |
| » feuilles étiolées... | 66,0 | 130 | 1969 |
| Choux, échan. n° 1, feuilles vertes............ | 76,0 | 120 | 1578 |
| » feuilles étiolées.......... | 80,0 | 80 | 1000 |
| Choux, échan. n° 2, feuilles vertes............ | 90,0 | 114 | 1266 |
| » feuilles étiolées.......... | 88,2 | 79 | 895 |
| Endives, feuilles étiolées.................... | 60,2 | 56,4 | 936 |
| Épinard, feuilles vertes, échan. n° 1.......... | 80,2 | 160 | 1995 |
| Épinard, feuilles vertes, échan. n° 2.......... | 78 | 143 | 1833 |
| Orties, feuilles vert foncé.................... | 82,1 | 589 | 7174 |
| Orties, feuilles vert clair.................... | 85,2 | 402 | 4718 |

Pour toutes ces plantes, les feuilles des échantillons n° 1 sont plus vertes que celles des échantillons n° 2.

Ces résultats montrent : 1° la présence de $CH^3OH$ dans toutes ces plantes en quantité variable, confirmant ainsi les travaux de Maquenne; 2° un parallélisme frappant entre la variation de $CH^3OH$ et la production de chlorophylle.

Dans une même plante les feuilles vertes sont plus riches en alcool méthylique que les feuilles étiolées. Et dans la même espèce végétale, la plante la plus verte est la plus riche en $CH^3OH$.

D'une plante à l'autre, il n'y a pas proportionnalité entre les teneurs en alcool méthylique et en chlorophylle. Il paraît y avoir un indice méthylique caractéristique de chaque espèce. De nouveaux essais préciseront s'il est fonction de l'activité chlorophyllenne seulement, ou bien à la fois de cette activité et de la quantité de chlorophylle.

(¹) M. FLANZY, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 94.

Au parallélisme entre le pigment chlorophyllien et certains métaux doit être rapproché le parallélisme entre le pigment chlorophyllien et l'alcool méthylique, notion nouvelle de physiologie végétale. Logiquement se pose alors la question des rapports entre l'alcool méthylique et ces mêmes métaux.

C'est une partie du problème complexe de l'assimilation chlorophyllienne qui est ainsi posé. Pour cette étude la juxtaposition des éléments suivants prend une importance significative : relation entre la chlorophylle et certains métaux (1); relation entre la chlorophylle et l'alcool méthylique; présence de l'acide formique dans les végétaux (2); rôle catalytique de ces métaux sur la formation d'aldéhyde et d'alcool méthylique à partir de l'acide formique (3).

Cette étude systématique établira ou infirmera définitivement la corrélation entre $HCO^2H$ et $CH^3OH$, question posée par M. Delépine dès 1896.

De toute façon un grand pas sera fait dans l'étude de l'assimilation chlorophyllienne.

PHYSIOLOGIE. — *Possibilité de réaliser, en l'absence de toutes les vitamines liposolubles connues, un équilibre alimentaire permettant la croissance et l'entretien du Rat.* Note de Mme **Lucie Randoin** et M. **Roger Netter**, présentée par M. A. Desgrez.

Considérée comme indispensable à la croissance et à l'entretien de la vie des Mammifères, la vitamine liposoluble A présenterait ainsi un caractère de nécessité absolue que ne possèdent pas les autres vitamines liposolubles (D et E), lesquelles peuvent manquer dans le régime sans que les sujets dépérissent et meurent.

Avec le régime RS n° 50 privé de vitamine A, pour doser la vitamine A, régime que nous utilisons, nous obtenons invariablement, chez le jeune Rat pris au poids initial de 30g, les symptômes typiques de l'avitaminose A : arrêt de la croissance, dénutrition, lésions xérophtalmiques, mort au bout de 2 à 3 mois (voir le graphique).

Ce régime artificiel (4) peut assurer une croissance et une santé normales

---

(1) G. Bertrand, *loc. cit.*

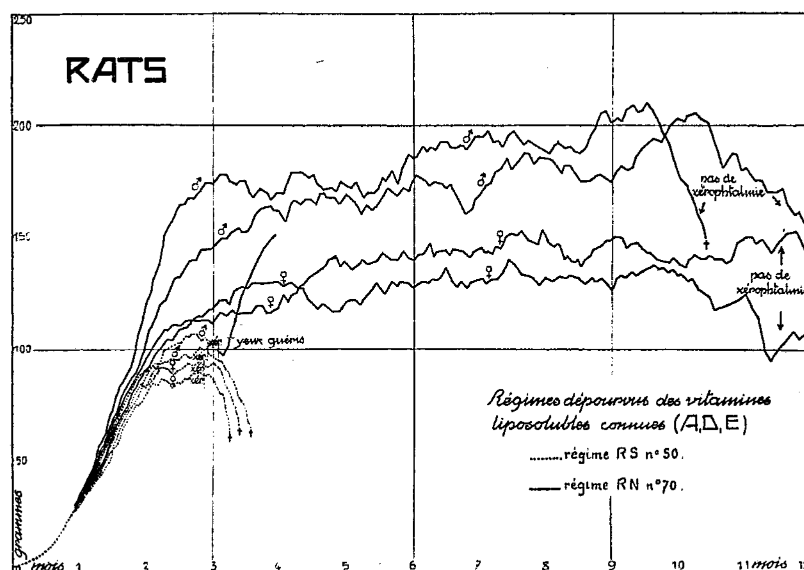
(2) *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 120.

(3) P. Sabatier et A. Mailhe, *B. S. Ch.*, 4e série, 9, 1911, p. 420; K. A. Hofmann et H. Schibstedt, *Berechte der Deutsch. chem. Gesells.*, 51, 1918, p. 1398-1418.

(4) La composition centésimale du régime RS n° 50 est : *peptone de muscle*, 17; *levure de bière sèche*, 3,5; *huile d'arachide chauffée dans un courant d'air*, 12; *dextrine*, 63,5; *mélange de sels*, 4.

s'il est complété par une certaine dose quotidienne minima de vitamine A.

Afin de savoir s'il est possible de réduire cet apport indispensable de vitamine A, nous avons apporté à la ration RS n° 50 diverses modifications et, après de nombreux essais, nous avons réussi à constituer un régime artificiel privé de vitamine A qui présente la propriété de ne jamais déterminer les symptômes de l'avitaminose A.




Ce régime RN n° 70 a la composition centésimale suivante :

| | |
|---|---|
| Caséine purifiée par lavage à l'acide acétique dilué..... | 15 |
| Levure de bière sèche (*sources de vitamines* B)........ | 5 |
| Saindoux (filtré à la température de 40°)............ | 20 |
| Dextrine.......................................... | 56 |
| Mélange de sels (Osborne et Mendel)................. | 4 |
| Papier filtre et eau distillée......................... | à volonté |

M^me L. Randoin et M^lle S. Queuille (¹) ont prouvé qu'au taux de 15 ou 17 pour 100, la caséine utilisée, substituée à la peptone dans le régime RS n° 50, n'a aucun effet sur l'avitaminose A, et qu'elle n'exerce une action légèrement retardatrice qu'à des doses beaucoup plus élevées. La levure de bière sèche (même au taux de 18 pour 100) (¹), le saindoux (même au taux

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1942.

de 36 pour 100) (¹), enfin la dextrine, n'apportent pas de vitamine A en quantité décelable par l'analyse biologique.

*Résultats expérimentaux.* — Tous nos essais ont été effectués en utilisant des Rats de 30g : un premier lot de Rats a reçu le régime RS n° 50; un second lot a reçu le régime RN n° 70. Les résultats sont les suivants : les Rats du second lot n'ont jamais présenté de xérophtalmie, leur courbe de croissance s'est montrée normale et ils ont vécu longtemps (voir le graphique).

Un troisième lot de Rats de 30g a reçu : d'abord le régime RS n° 50 jusqu'au moment où les symptômes de l'avitaminose A se sont manifestés avec gravité; ensuite le régime RN n° 70. Ici, le résultat est encore plus inattendu : les yeux ont été guéris en quelques jours et le poids est remonté rapidement (voir le graphique).

*Conclusions.* — 1° En associant convenablement des substances nutritives dont aucune n'apporte de quantité décelable de vitamines liposolubles, nous avons constitué pour le Rat un régime artificiel qui, s'il ne permet pas la reproduction, *assure cependant la croissance ainsi qu'une survie très longue* (8-12 mois et davantage), régime qui a également un effet curatif remarquable sur l'avitaminose A (disparition rapide de la xérophtalmie, reprise de la croissance).

2° Ces résultats mettent en lumière l'importance primordiale de la composition du régime de base dans les essais biologiques relatifs à la vitamine A. Ainsi, le nombre exprimant le seuil d'activité de l'étalon international de vitamine A n'a de sens que si le régime utilisé pour cette mesure est minutieusement spécifié. De plus, il est nécessaire que les titrages des préparations de vitamine A soient effectués avec des régimes de base qui, donnés seuls, produisent invariablement *tous* les symptômes de l'avitaminose A : xérophtalmie, dénutrition, etc.

3° La vitamine liposoluble A était considérée naguère comme un principe antixérophtalmique spécifique, rigoureusement indispensable à la croissance et à l'entretien du Rat. Cette conception a dû être élargie lorsqu'il a été prouvé que le carotène a une action comparable à celle de l'huile de foie de morue. Les présentes recherches démontrent qu'il n'est même pas absolument nécessaire d'avoir recours à l'une ou à l'autre de ces substances pour prévenir ou guérir les troubles profonds caractéristiques de l'avitaminose A. Il semble possible d'obtenir sensiblement le même résultat au moyen d'un *équilibre alimentaire* approprié.

(¹) Mme L. Randoin et R. Netter, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 395.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Variations de la réaction des venins d'araignées.* Note de M. J. **Vellard**, présentée par M. Caullery.

Les rares auteurs qui se sont occupés de la réaction du venin des araignées ont abouti à des conclusions différentes. Pour les uns ces venins sont acides; pour les autres ils sont alcalins. Ces divergences ne sont pas dues à des variations spécifiques. Walbum a vérifié que le venin d'un même sujet peut être tantôt franchement alcalin, tantôt franchement acide. Aucune explication satisfaisante de ces variations n'a été donnée.

Pour élucider ce point, j'ai réalisé de nombreuses observations sur différentes espèces d'araignées du Brésil et du Paraguay; au Brésil, avec des mygales (*Lasiodora*, *Grammostola*, *Trechona*, *Rachias*), divers *Ctenus*, des *Nephila*, une Lycose (*L. raptoria*); au Paraguay avec des mygales (*Pamphobeteus*, *Phormictopus*, *Actinopus*) et *Lycosa raptoria*. Plusieurs centaines d'examens ont été faits, soit sur des araignées récemment capturées, soit sur des sujets placés dans des conditions expérimentales variées. Les venins étaient recueillis à l'extrémité des crochets des chelicères, ou par dissection des glandes. Les réactions ont été vérifiées à l'aide des papiers de tournesol, la quantité très faible de venin ne permettant pas l'emploi de procédés plus sensibles.

Les facteurs espèce, âge, sexe, activité génitale n'ont pas montré d'influence sur la réaction des venins. Le jeûne n'a d'action appréciable que lorsqu'il est très prolongé (résistance fort variable suivant les espèces); il tend alors à rendre acides la réaction du venin et celle du sérum sanguin.

L'influence de la température s'est toujours montrée prépondérante. Il existe un parallélisme notable entre les variations de la température extérieure et la réaction du venin des araignées capturées. A Rio de Janeiro, pendant la saison chaude, presque tous ces venins sont alcalins; pendant la saison fraîche, de nombreuses réactions acides apparaissent, surtout après des abaissements de température de plusieurs jours. A S.-Paulo, climat plus frais que Rio de Janeiro, le venin des mêmes espèces est presque constamment acide en hiver, mais en été les réactions alcalines prédominent; mêmes résultats au Paraguay.

Pour contrôler ces faits, des lots nombreux de *Ctenus*, de *Nephila* et de Lycoses ont été placés, pendant un laps de temps variable de 2 à 10 jours, les uns à $+15^\circ$ C., les autres à $+33^\circ$ C.; avec des températures plus basses

ou plus élevées, la mortalité est grande. Les conditions expérimentales, espace, aération, humidité, etc., étaient identiques pour tous les lots. Les araignées étaient alimentées 24 heures avant l'expérience et laissées ensuite à jeun; avant de les placer à la température voulue, la réaction de leur venin était vérifiée puis en essayait de vider leurs glandes en leur faisant mordre divers objets. Après 48 ou 72 heures, presque toutes les araignées gardées à + 15° présentaient une réaction acide du venin; les réactions alcalines l'emportaient au contraire de beaucoup chez les sujets conservés à + 33°. Quelques exemplaires se sont souvent comportés de façon différente de l'ensemble des lots gardant leur réaction initiale; ces discordances sont dues surtout à ce que l'influence de la température ne s'exerce que sur le venin de sécrétion et non sur le venin déjà contenu dans les glandes; d'où l'utilité de vider les glandes avant l'expérience.

La réaction du sérum sanguin présente des variations comparables à celles du venin, mais plus faibles. Normalement, le sérum des araignées est alcalin; après des périodes fraîches, on trouve quelques exemplaires dont le sérum est neutre ou légèrement acide; chez les araignées refroidies à + 15°, j'ai observé à différentes reprises des sérums acides.

Cette influence de la température explique que, dans les pays tempérés, la réaction du venin soit généralement indiquée comme acide (Europe, Argentine). Il faut ajouter que les venins alcalins se montrent bien plus toxiques que les venins acides.

BIOCHIMIE DES MICROBES. — *Sur les propriétés toxiques et immunisantes d'une substance isolée du bacille d'Aertrycke*. Note [1] de M. **André Boivin**, Mme **Lydia Mesrobeanu** et M. **Ion Mesrobeanu**, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons montré [2] que lorsqu'on traite diverses bactéries pathogènes ou saprophytes par des réactifs déprotéinisants aqueux et qu'on dialyse l'extrait obtenu, on aboutit à un liquide opalescent renfermant en dissolution une substance spécifique toxique et antigénique. Cette substance précipite à haute dilution par le sérum antimicrobien correspondant. Injectée en doses répétées à l'animal, elle crée un état d'immunité carac-

---

[1] Séance du 4 juin 1934.

[2] A. Boivin, I. Mesrobeanu et L. Mesrobeanu, *C. R. Soc. Biol.*, 113, 1933, p. 490; 114, 1933, p. 307; A. Boivin et L. Mesrobeanu, *ibid.*, 115, 1933, p. 304; A. Boivin, I. Mesrobeanu, L. Mesrobeanu et B. Nestorescu, *ibid.*, 115, 1933, p. 306.

térisé : 1° par la résistance de l'animal à des doses sûrement mortelles pour le témoin; 2° par l'apparition dans le sérum d'anticorps : précipitines spécifiques pour la substance extraite du microbe et agglutinines spécifiques pour le microbe lui-même. C'est ainsi que, dans le cas du bacille d'Aertrycke, l'acide trichloracétique permet d'extraire une quantité de substance toxique et immunisante représentant environ 5 pour 100 du poids sec du microbe.

Par une autre méthode, Topley et ses collaborateurs [1] viennent d'obtenir à leur tour des fractions spécifiques, toxiques et antigéniques à partir du B. d'Aertrycke. Leur technique se ramène essentiellement à une digestion trypsique du microbe, suivie de précipitations fractionnées par l'alcool. De l'étude de ces fractions, ils concluent à leur étroite parenté avec la substance que nous avons antérieurement isolée du même bacille.

Il ne semble pourtant pas y avoir identité complète entre la substance préparée par nous et l'une des diverses fractions actives de Topley. Indépendamment de différences chimiques sur lesquelles nous reviendrons dans une autre Note, nous enregistrons des différences dans la toxicité. Notre substance tue régulièrement la souris à la dose d'un dixième de milligramme dans le péritoine et quelques animaux succombent après un centième de milligramme seulement. Martin trouve une toxicité presque nulle aux mêmes doses des préparations anglaises et tue la souris en injectant $0^{mg},5$ dans le péritoine. De même, pendant que $1^{mg}$ en injection intrapéritonéale nous suffit régulièrement pour tuer en 24 heures un lapin de $2^{kg},5$, Delafield utilise des doses intrapéritonéales de $2^{mg}$ par kilogramme d'animal pour étudier, au cours d'une expérience de deux jours, l'action de ses diverses fractions sur la glycémie et sur le poids de l'animal. On doit penser que la substance toxique se trouve plus concentrée dans notre préparation que dans celles des auteurs anglais. Une même substance chimique est-elle responsable à la fois des propriétés toxiques d'une part et des propriétés spécifiques et immunisantes d'autre part? La chose nous paraît probable, car des précipitations répétées par l'alcool, par l'acétone ou par l'acide phosphotungstique en milieu chlorhydrique ne changent ni la composition chimique, ni la toxicité, ni la spécificité de la substance retirée du B. d'Aertrycke. Il reste à préciser si la substance en question constitue à elle seule ce qu'on appelle l'endotoxine microbienne.

Depuis nos précédentes publications, nous nous sommes préoccupés de

(1) H. Raistrick et W.-W.-C. Topley; M.-E. Delafield et A.-R. Martin, *British Journal for exp. Pathology*, 15, 1934, p. 113, 130 et 137.

rechercher dans quelle mesure l'immunisation par la substance retirée du B. d'Aertrycke protège l'animal contre l'infection par des bactéries vivantes.

Des essais préliminaires nous ont montré qu'une injection intra-péritonéale de $0^{cm^3},5$ de dilution au trentième d'une culture de 24 heures de B. d'Aertrycke sur bouillon tue régulièrement la souris en 24 heures. Des souris ont été immunisées en recevant 10 injections de substance spécifique allant de 5 cent-millièmes de milligramme à $0^{mg},5$ (5 fois la dose mortelle pour le témoin) et s'échelonnant sur une durée d'un mois et demi. Sur 20 souris ainsi préparées, 15 ont survécu et ont permis d'effectuer les expériences suivantes :

Trois souris immunisées ont reçu chacune et en une seule fois $3^{mg}$ de substance spécifique (30 fois la dose mortelle). Une a survécu, deux sont mortes après 48 heures tandis que les témoins sont morts en 3 heures.

Quatre souris immunisées ont reçu $0^{cm^3},5$ de culture de 24 heures non diluée de B. d'Aertrycke vivant (30 fois la dose mortelle). Deux ont survécu, deux sont mortes, l'une au bout de 8 jours, l'autre au bout de 11 jours. Les témoins sont morts en quelques heures.

Quatre souris immunisées ont reçu $0^{cm^3},5$ d'une culture de 24 heures de B. d'Aertrycke, concentrée quatre fois en microbes par centrifugation (120 fois la dose mortelle). Une a survécu, une est morte au bout de 4 jours et deux au bout de 7 jours. Les témoins sont morts en 2 heures.

Les quatre dernières souris immunisées, gardées comme témoins, ont survécu.

La substance que nous extrayons du B. d'Aertrycke présente donc la propriété d'immuniser la souris contre l'injection de bactéries vivantes, propriété que signalent Topley et ses collaborateurs pour leurs fractions actives.

On peut se demander si ces substances spécifiques et immunisantes, dont nous avons démontré l'existence dans diverses bactéries pathogènes, ne seraient pas susceptibles de présenter quelque intérêt en thérapeutique antiinfectieuse. L'expérimentation en décidera.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Réactions neurogènes du ventricule isolé de* Helix pomatia ; *leur substratum anatomique*. Note de MM. **R. Argaud** et **A. Mougeot**, présentée par M. Ch. Achard.

Des recherches expérimentales prolongées nous ont prouvé que certaines réactions physiques ou pharmacologiques du ventricule isolé de l'escargot disparaissent par addition préalable des agents neuro-paralysants et font ainsi la preuve de leur mécanisme neurogène

(chaleur, pepsine, etc.), alors que d'autres persistent malgré la présence des agents neuro-paralysants et par là affirment leur attaque directe sur la fibre myocardique (acétylcholine, ion sulfurique, concentration moléculaire). Tout se passe comme si l'on agissait directement dans certains cas sur un élément nerveux du ventricule.

Sur le vu de ces résultats expérimentaux, nous avons résolu de rechercher, avec les techniques modernes les plus appropriées, l'existence de fibrilles nerveuses dont la réalité était encore contestée. Les méthodes d'imprégnation argentique au glucose, à la pyridine, à l'hydroquinone (et surtout cette dernière), révèlent des plexus nerveux qui dessinent des mailles allongées dans le sens du syncitium cardiaque. Les fibrilles constitutives affectent une disposition fort polymorphe. Certaines sont très flexueuses et paraissent s'anastomoser avec d'autres assez rectilignes, plus grêles ou plus volumineuses. Presque toujours aux points nodaux siègent des renflements, des épaississements comparables à ceux des plexus d'Auerbach et de Meissner. On voit aussi se détacher de loin en loin des fibrilles extrêmement ténues qui, après s'être légèrement contournées, se terminent par de petits boutons. Les varicosités y sont rares et les groupements en faisceaux exceptionnels.

La séance est levée à 15h40m

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

---

(Séance du 28 mai 1934.)

Note de M. *W. Kopaczewski*, Rôle des facteurs physiques dans la lactogélification du sérum :

Page 1949, ligne 11, *au lieu de* fenêtre d'environ 0mm,1 d'épaisseur, *lire* fenêtre d'environ 0mm,01 d'épaisseur d'aluminium; ligne 12, *au lieu de* tension 3000 volts, *lire* tension 30 000 volts.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1934.

*Nature, origine, but de la vie. Nouvelle philosophie biologique claire et concrète*, par JEAN ROCHE. Paris, édition de la Revue mondiale, 1934; 1 vol. $19^{cm}$.

*Paul Painlevé*, 1863-1933, par PAUL JANET. Notice lue à l'Assemblée générale de l'Association de secours des anciens élèves de l'École Normale supérieure, le 14 janvier 1934. Paris S. G. I. E., 1934; 1 fasc. $22^{cm}$.

*Hommage à la mémoire du professeur Jean Cantacuzène.* Paris, Masson et Cie, 1934; 1 vol. $28^{cm}$,5.

*Sur la formation des typhons à Madagascar*, par le R. P. CH. POISSON. In *Publications du Service Météorologique de Madagascar*. 1 fasc. $27^{cm}$,5.

*Observations climatologiques du Service Météorologique de Madagascar*. Septembre, octobre, novembre, décembre 1933; 4 planches, $33^{cm}$.

*La théorie du potentiel et ses applications aux problèmes fondamentaux de la physique mathématique*, par N. M. GUNTHER. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. $25^{cm}$.

*Contribution à l'estimation du bilan hydrologique de la mer Baltique*, par J. SCHOKALSKY, IVe Conférence hydrologique des États Baltiques. Leningrad, septembre 1933; 1 fasc. $24^{cm}$.

Royaume de Belgique. Ministère des Colonies. *Carte géologique du Congo belge à l'échelle du* 500000e. *Région de Zobia*. Feuille n° 12. Décembre 1933; Bruxelles, imprimerie typographique de l'Institut cartographique militaire; 3 planches. $80^{cm} \times 73^{cm}$.

*Aportación Bioguimica al problema agricola del Nitrógeno*, par ANTONIO DE GREGORIO ROCASOLANO. Zaragoza, Imprenta Editorial Gambón, 1933; 1 vol. $22^{cm}$.

(*A suivre.*)

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 18 JUIN 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret en date du 15 juin 1934, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Jean-Louis Faure** pour occuper dans la Section de Médecine et Chirurgie la place vacante par le décès de M. *P. Bazy*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Jean-Louis Faure** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous avions tous remarqué, lundi dernier, que notre confrère **Henri Lecomte**, habituellement si assidu à nos séances, n'était pas à sa place habituelle, et nous avions appris qu'il venait d'être gravement atteint et avait dû être transporté dans une clinique. Ces mauvaises nouvelles n'étaient que trop exactes puisqu'il devait succomber dès le lendemain.

Notre Confrère M. Mangin a retracé samedi à ses obsèques, avec sa compétence particulière, ses importantes contributions à la science botanique. Vous me permettrez cependant d'évoquer à mon tour, ici, sa belle carrière entièrement consacrée à l'enseignement, à la science et à la mise en valeur des colonies françaises.

Paul-Henri Lecomte était né à Saint-Nabord (Vosges) le 8 janvier 1856.

Dès l'âge de 16 ans, après de fortes études primaires, il fut reçu en 1872 à l'École normale primaire des Vosges où il passa les trois années régulières d'études, et il fut ensuite pendant 4 ans, jusqu'en 1879, instituteur primaire dans les Vosges; il put alors devenir répétiteur, d'abord au lycée de Chaumont, puis au lycée de Nancy, ce qui lui permit de préparer et de passer devant la Faculté des Sciences de Nancy sa licence ès sciences naturelles en 1881, sa licence ès sciences physiques en 1883, et de devenir enfin, en 1884, agrégé des sciences naturelles. Le petit instituteur des Vosges se trouva ainsi, à 28 ans, en 1884, Professeur aux lycées Saint-Louis et Henri IV. Il ne considéra pas cette chaire dans les lycées de Paris comme le couronnement d'une carrière, mais simplement comme un moyen de commencer sa véritable carrière scientifique. Il utilisa tous les loisirs que lui laissait l'enseignement pour des recherches personnelles, devint en 1889 docteur ès sciences naturelles, n'hésita pas à demander des congés pour accomplir des voyages lointains et des missions aux colonies, et avait ainsi, dès 1906, recueilli un bagage scientifique suffisant pour s'imposer aux suffrages des professeurs du Muséum et des membres de l'Académie des Sciences et devenir professeur à la chaire de Classification et familles naturelles des phanérogames, au Muséum national d'histoire naturelle. Il put ainsi continuer ses recherches et ses voyages avec une activité renouvelée et, le 26 février 1917, il était élu membre de notre Section de Botanique.

Les principales recherches scientifiques de notre regretté Confrère ont été intimement liées à ses voyages et à ses efforts très souvent couronnés de succès pour développer dans les colonies françaises des cultures productives. Il écrit dans sa Notice sur ses travaux scientifiques :

« Les voyages ont d'ailleurs pour le naturaliste, et spécialement pour le botaniste, un attrait tout particulier et sans cesse renouvelé. Ils ne sont pas seulement, comme pour les autres personnes, une occupation agréable et intéressante par laquelle on récrée ses yeux de spectables toujours nouveaux : le naturaliste voyageur a son attention constamment éveillée, ses facultés d'observation sans cesse en activité; sur son chemin tout le retient, tout l'intéresse, tout sollicite son examen; les journées s'écoulent invariablement trop courtes, même quand, pour ses compagnons de route, elles paraissent démesurément longues. De tous ses voyages, le naturaliste rapporte non seulement une moisson de souvenirs durables, mais encore une multitude de connaissances nouvelles et toujours des collections intéressantes. »

C'est ainsi qu'il parcourut successivement un grand nombre de pays : Congo, Algérie, Tunisie, Égypte, Antilles, Guyane, Japon, Java et Indochine. Il ne rapporta pas seulement de ses voyages des matériaux fort

intéressants pour ses études personnelles et pour les collections du Muséum, il en profita pour donner des conseils qui furent souvent suivis pour la production du caoutchouc, de la gutta-percha, des textiles végétaux et notamment du coton, du café, de la vanille, pour ne citer que les principales cultures.

Si, dans la sévère crise économique que traverse le monde, la France se trouve, grâce à son empire colonial, dans une meilleure situation que bien d'autres pays, elle le doit pour une grande part aux savants qui, comme Henri Lecomte, ont permis une meilleure utilisation des territoires découverts par nos explorateurs, conquis par nos soldats, organisés par nos administrateurs.

Philippe Van Tieghem, qui s'y connaissait bien en hommes, portait sur Henri Lecomte, encore jeune, le jugement suivant : « l'un des plus anciens, des plus fidèles et des plus distingués travailleurs de mon laboratoire ; il a montré par son exemple qu'on peut être à la fois anatomiste habile, professeur excellent, voyageur intrépide et observateur perspicace de la végétation tropicale ».

Je ne peux retracer ici le détail de ses travaux innombrables de botanique appliquée et de botanique systématique. Je voudrais mentionner tout au moins ses plus importants travaux d'anatomie et de biologie, ses importantes contributions à l'étude du liber, de l'articulation des pédicelles floraux.

En même temps que ses travaux personnels et d'excellents ouvrages d'enseignement pour l'enseignement secondaire, Henri Lecomte a publié d'importantes Flores coloniales, et notamment la Flore générale de l'Indochine, à laquelle sa participation personnelle fut très considérable.

Sa mémoire ne vivra pas seulement par ses travaux scientifiques, mais par les collections qu'il a assemblées au Muséum et par l'action féconde qu'il a exercée sur des cultures coloniales dont le développement continue à se poursuivre. Il a mérité ainsi non seulement l'admiration de tous les savants, mais la reconnaissance de tous les Français.

Pour notre part, nous conserverons de lui le souvenir d'un Confrère toujours affable, avec lequel les relations personnelles étaient particulièrement agréables.

J'adresse en votre nom à sa famille l'expression de notre bien sincère sympathie.

ASTROPHYSIQUE. — *Les radiations du ciel nocturne dans l'intervalle spectral* 5000-8000 Å. Note (1) de M. **J. Cabannes.**

I. En 1932 L.-A. Sommer (2) obtint au Mont Wilson deux photographies sur lesquelles il put mesurer 35 raies de 5265 à 7280 Å. Ces raies occupent sur les clichés une longueur de 4mm,9. J'ai repris cette étude avec le spectrographe brièvement décrit dans une Note antérieure (3); il est plus lumineux, mais un peu moins dispersif que celui de Sommer (4mm,6 au lieu de 4mm,9). En août 1933, au Pic du Midi, j'ai fait avec Dufay une première pose sur plaque sensible à l'infrarouge; au mois dernier j'ai fait à Montpellier trois nouvelles poses sur plaques panchromatiques. Le meilleur spectre a été obtenu en 6 heures 30 minutes dans la nuit du 12 au 13 mai. Voici le tableau des longueurs d'onde mesurées sur les enregistrements au microphotomètre; l'étude directe des clichés au microscope n'a donné que les radiations soulignées. Une accolade réunit les radiations qui forment un groupe caractéristique. J'ai grossièrement numéroté les intensités de 0 à 5; la lettre *d* indique une raie diffuse. L'incertitude des mesures passe de quelques angströms à quelques dizaines d'angströms du vert à l'infrarouge (4). Les longueurs d'onde marquées N et S (ou des valeurs assez voisines) ont été déjà mesurées dans le ciel nocturne N (par Sommer) ou dans les aurores boréales A (par Gyllenskiöld et par Végard).

---

(1) Séance du 11 juin 1934.

(2) *Zeitschrift für Physik*, 77, 1933, p. 374, et 80, 1933, p. 273.

(3) J. Cabannes et J. Dufay, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 306.

(4) Les radiations 5016 (1), 5039 (2), 5086 (2) et 5153 (2*d*) ont été données en 5003 (2), 5030 (3), 5092 (1) et 5162 (1) dans la Note antérieure déjà citée (2). Il s'agissait alors de spectres obtenus sur plaques photographiques ordinaires et les radiations 5000-5200 Å sont à la limite de la sensibilité de ces plaques : la brusque variation de la sensibilité avait pu fausser nos mesures de longueurs d'onde.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5016 | 1 | A | 5821 | 1 d | N | 6703 | 1 | N, A |
| 5039 | 2 | | 5861 | 2 | N | 6739 | 1 | |
| 5062 | 1 | | 5887 | 3 | N | 6773 | 1 | N, A |
| 5083 | 2 | | 5919 | 2 | N | 6802 | 2 | |
| 5124 | 1 | N | 5958 | (?) | A | 6877 | 1 | N |
| 5153 | 2 d | | 5991 | 2 | N | 6907 | 2 | |
| 5185 | 0 | | 6041 | (?) | | 6966 | 2 | N |
| 5217 | 1 | | 6073 | 1 | A | 7042 | 1 | |
| 5253 | 2 d | N, A | 6091 | 0 d | N, A | 7096 | 1 | |
| 5290 | 1 | A | 6124 | 1 | N, A | 7134 | 2 | |
| 5324 | (?) | N | 6166 | (?) | A | 7200 | 2 | |
| 5343 | 1 | A | 6200 | 1 | N | 7278 | 2 | N, A |
| 5382 | 1 | N, A | 6223 | 0 | N | 7362 | 1 | A |
| 5410 | (?) | A | 6269 | 2 | | 7405 | 4 | |
| 5437 | 1 | N, A | 6302 | 2 | N, A | 7462 | 2 | A |
| 5475 | 1 d | N, A | 6318 | 4 | | 7530 | 2 | |
| 5505 | 2 | N, A | 6349 | 2 | N, A | 7608 | 2 | |
| 5532 | (?) | N, A | 6407 | 0 | N, A | 7633 | (?) | |
| 5577 | 5 | N, A | 6468 | 3 | N, A | 7750 | 2 d | A |
| 5646 | 1 | N | 6530 | 3 d | N, A | 7865 | 0 | A |
| 5698 | 1 | N | 6583 | 2 | N, A | 7930 | 1 | |
| 5739 | 1 | N | 6607 | 1 | A | 8010 | 3 d | A |
| 5775 | 3 d | N, A | 6663 | 0 | N, A | 8140 | 1 d | A |
| | | | | | | 8030 | 2 | |

II. Ce tableau confirme dans l'ensemble les résultats de Sommer; *l'émission par le ciel nocturne est restée qualitativement la même en hiver* 1932, *en été* 1933 *et au printemps* 1934. La raie 5577 Å mise à part, les radiations les plus remarquables forment des groupes intenses vers 5900, 6320, 6530, 6910, 7250 et 7420 Å. Dans le premier je n'ai pas trouvé les raies D du sodium interstellaire (¹); dans le second, une forte émission de 6295 à 6350 Å, avec maximum en 6318 Å, cache la raie 6303 de OI ($^1D_2 \rightarrow {}^3P_2$); je n'ai d'ailleurs pas retrouvé, un peu plus loin, la raie 6368 ($^1D_2 \rightarrow {}^3P_1$) qui avait été vue par Sommer et par Végard.

(¹) J. Dufay, *Journal de Physique*, 4, 1933, p. 234. J'ai cherché aussi le doublet 7293-7326 Å de Ca II interstellaire. La raie 7278 du ciel est assez voisine de la première composante du doublet, mais il n'y a rien dans le ciel vers 7326 Å.

III. L'identité du spectre du ciel et de celui des aurores polaires (¹) paraît beaucoup plus complète entre 5000 et 8000 Å que dans la région spectrale 3900-5000 Å où l'intensité du groupe négatif des bandes de l'azote (qu'on ne retrouve que très affaiblies dans le ciel) donne au spectre des aurores un caractère particulier. *Les bandes du premier groupe positif sont*, au contraire, *assez intenses dans le ciel* et s'étendent du vert à l'infrarouge ; de 5320 à 5510 Å, c'est la suite $v' - v'' = 5$; de 6040 à 6170, $v' - v'' = 4$; de 6350 à 6780, $v' - v'' = 3$; de 7250 à 7480, $v' - v'' = 2$; enfin de 7750 à 8330, $v' - v'' = 1$. *Le potentiel d'excitation du ciel nocturne est donc compris entre les* 9,3 *volts nécessaires à l'émission du premier groupe positif de l'azote et les* 19,6 *volts nécessaires à l'émission du groupe négatif.* Si l'on attribue à l'argon la forte raie du ciel 6966 Å, on peut préciser davantage et fixer à plus de 13,5 volts ce potentiel d'excitation.

IV. Mais les plus intenses des radiations rouges émises par le ciel ont certainement une autre origine. J'y vois, avec Sommer, les bandes telluriques de la *vapeur d'eau* (²). Étendue des bandes, position de leur centre de gravité, la coïncidence est frappante :

| Bandes. | δ. | D. | α. | C. | B. | a. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ciel diurne (absorption)..... | 5740 | 5900 | 6300 | 6520 | 6960 | 7200 |
| Ciel nocturne (émission)..... | 5740 | 5915 | 6310 | 6510 | 6970 | 7200 |

Il semble bien que l'on observe aussi dans le spectre d'émission du ciel nocturne les bandes $^1\Sigma \rightarrow {}^3\Sigma$ de la *molécule d'oxygène :*

| Bandes. | α'. | α. | B. | A. |
|---|---|---|---|---|
| Oxygène........................ | 5780 | 6288 | 6885 | 7620 |
| Ciel nocturne (émission).......... | 5775 | 6302 | 6907 | 7608 |

V. Enfin, sur les clichés comme sur les enregistrements au microphotomètre, l'importance de l'émission continue d'origine interplanétaire paraît négligeable vis-à-vis du spectre discontinu d'origine atmosphérique; on comprend ainsi que les bandes telluriques puissent apparaître dans le ciel nocturne comme bandes d'émission. Dans ces conditions il n'est pas étonnant que Lord Rayleigh, étudiant d'une nuit à l'autre les variations d'intensité

(¹) L. Végard, *Geofysiske Publikasjoner*, 10, 1933, fascicules 4 et 5, p. 1.

(²) La vapeur d'eau existe donc encore à 100km d'altitude. Peut-être faut-il attribuer à une condensation de ces molécules d'eau sur les ions négatifs de la haute atmosphère certains nuages élevés comme ceux qui accompagnent les aurores boréales et qui, pendant le jour, révèlent la forme des draperies aurorales.

du ciel à travers des écrans colorés, ait obtenu une corrélation entre l'intensité de la raie 5577 Å et celle de la lumière rouge du ciel nocturne (¹). D'autre part, J. Dufay, comparant le ciel nocturne au ciel lunaire, trouva que le rapport de brillance est 2,65 fois plus grand dans le rouge que dans le bleu (²). L'intensité des raies rouges atmosphériques explique cette anomalie.

M. **M. Caullery** fait hommage à l'Académie des tomes X et XI des *Travaux de la Station zoologique de Wimereux*, publiés sous sa direction et renfermant des recherches de M. R. Weill : *Contributions à l'étude des Cnidaires et de leurs nématocystes*.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*Notice météorologique sur les côtes de France et d'Afrique du Nord*, par M. J. Rouch. (Présenté par M. Ch. Maurain.)

Albert Caquot. *Équilibre des massifs à frottement interne. Stabilité des terres pulvérulentes ou cohérentes.* (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

### CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les chaînes multiples discontinues.* Note de M. **G. Mihoc**, présentée par M. Hadamard.

Dans ce qui suit, nous considérons une chaîne multiple discontinue d'ordre $l$

$$x_1, \quad x_2, \quad \ldots, \quad x_n, \quad \ldots, \tag{1}$$

dont chaque variable $x_i$ peut prendre une des valeurs

$$a_1, \quad a_2, \quad \ldots, \quad a_m. \tag{2}$$

(¹) Lord Rayleigh, *Proceedings Royal Society*, 109, 1925, p. 428.

(²) *Thèses* de la Faculté des Sciences de Paris, 1928, p. 110.

Nous désignons par $A_s (s = 1, 2, \ldots, m^l)$ un groupement déterminé de valeurs $a_i$ prises par les variables $x_{n-l}, x_{n-l+1}, \ldots, x_{n-1}$ et par $p_n(A_s, a_q)$ la probabilité d'avoir $x_n = a_q$, après que les variables $x_{n-l}, x_{n-l+1}, \ldots, x_{n-1}$ ont pris les valeurs $a_i$ données par le groupement $A_s$.

*On suppose que*

$$(3) \qquad p_n(A_s, a_q) > \delta > 0,$$

*quels que soient n, s, q.*

Dans ces conditions, nous voulons mettre en évidence une propriété concernant l'influence à distance exercée par un groupement fini de variables $(x_1, x_2, \ldots, x_m)$ sur la variation de $x_n$, lorsque $n$ croît indéfiniment.

Au groupement fini $(x_1, x_2, \ldots, x_m)$, nous extrayons les variables $x_\alpha$, $x_\beta, \ldots, x_\lambda (\alpha < \beta < \ldots < \lambda \leqq m)$ et nous admettons que

$$(A) \qquad \begin{cases} x_\alpha \text{ a pris une valeur } a_i^{(\alpha)}, a_j^{(\alpha)}, \ldots, a_r^{(\alpha)} \text{ sans préciser laquelle,} \\ x_\beta \quad \text{»} \quad a_i^{(\beta)}, a_j^{(\beta)}, \ldots, a_r^{(\beta)} \quad \text{»} \\ \ldots \quad \text{»} \quad \ldots, \ldots, \ldots, \ldots \quad \text{»} \\ x_\lambda \quad \text{»} \quad a_i^{(\lambda)}, a_j^{(\lambda)}, \ldots, a_r^{(\lambda)} \quad \text{»} \end{cases}$$

les valeurs $a_i^{(\alpha)}, a_j^{(\beta)}, \ldots$ appartenant à la suite (2).

Soit $P_n(A, a_q)$ la probabilité de l'égalité $x_n = a_q$, après que l'événement (A) s'est vérifié.

En considérant maintenant les variables $x_{\alpha'}, x_{\beta'}, \ldots, x_{\lambda'}$, comprises dans le groupement initial $x_1, x_2, \ldots, x_m (x' < \beta' < \ldots < \gamma' \leqq m)$, on sait que

$$(A') \qquad \begin{cases} x_{\alpha'} \text{ a pris une valeur } a_i^{(\alpha')}, a_j^{(\alpha')}, \ldots, a_r^{(\alpha')} \text{ sans préciser laquelle,} \\ x_{\beta'} \quad \text{»} \quad a_i^{(\beta')}, a_j^{(\beta')}, \ldots, a_r^{(\beta')} \quad \text{»} \\ \ldots \quad \text{»} \quad \ldots, \ldots, \ldots, \ldots \quad \text{»} \\ a_{\lambda'} \quad \text{»} \quad a_i^{(\lambda')}, a_j^{(\lambda')}, \ldots, a_r^{(\lambda')} \quad \text{»} \end{cases}$$

et désignons par $P_n(A', a_q)$ la probabilité d'avoir $x_n = a_q$, après que $x_{\alpha'}$, $x_{\beta'}, \ldots, x_{\gamma'}$ ont vérifié l'événement (A').

*On a alors la propriété limite :*

$$(3) \qquad \lim_{n \to \infty} [P_n(A, a_q) - P_n(A', a_q)] = 0,$$

quels que soient les éléments qui interviennent dans les conditions initiales (A) et (A').

La démonstration de cette relation repose sur l'emploi d'une transfor-

mation linéaire, qui s'impose naturellement dans l'étude des chaînes multiples

$$z_n = a_1 x_{(n-1)l+1} + a_2 x_{(n-1)l+2} + \ldots + a_l x_{nl},$$

$a_1, a_2, \ldots, a_l$ étant des constantes choisies, telles que la variable $z_n$ prenne $m^l$ valeurs distinctes.

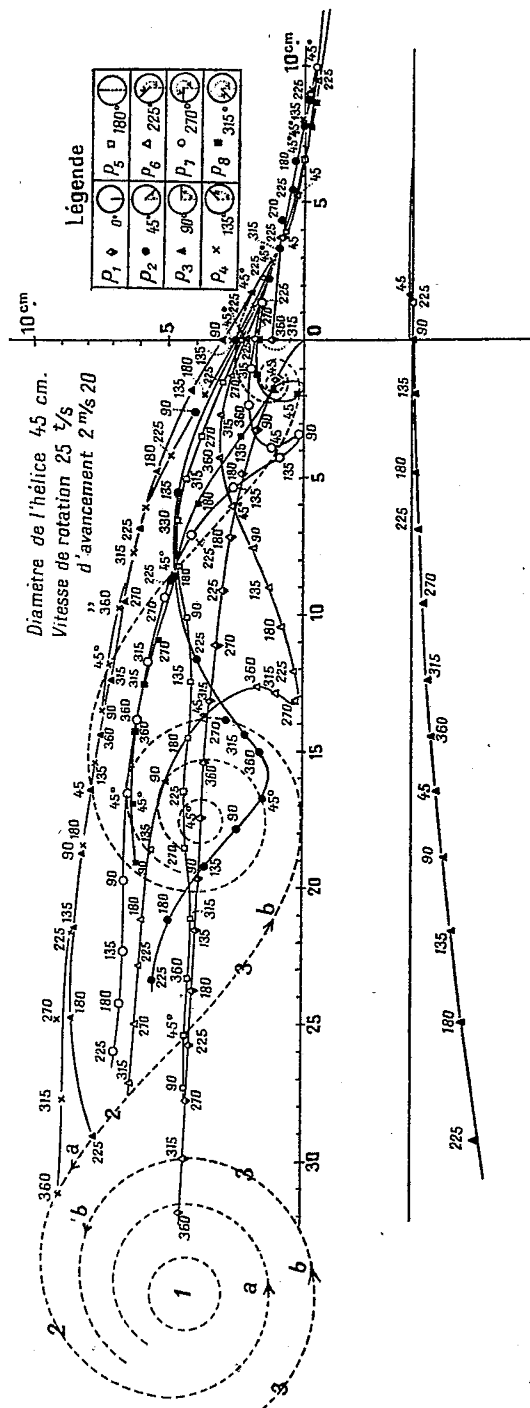
AÉRODYNAMIQUE. — *Trajectoires et vitesses instantanées dans le champ d'une hélice aérienne.* Note [1] de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Henri Villat.

En modifiant légèrement la méthode que nous avons employée pour obtenir les lignes d'émission dans le champ d'une hélice aérienne, méthode qui nous a permis d'étudier avec précision à tous régimes, la configuration tourbillonnaire de ce champ, nous avons pu obtenir les trajectoires dans toute l'étendue de ce champ. La modification consiste à distribuer la fumée, non plus d'une manière continue, mais par petites bouffées synchronisées avec l'hélice. Nous utilisons pour cela le dispositif expérimental déjà constitué pour des essais strobométriques, synchroniseur double et soupape électromagnétique. On matérialise un point en faisant coïncider l'ouverture de la soupape avec le passage de la pale par une position angulaire fixe, choisie à volonté, et l'on suit ce point sur sa trajectoire en décalant seulement la phrase de l'éclair du stroborama par rapport à l'hélice.

Les résultats relatifs à la région tourbillonnaire d'une hélice monopale sont rassemblés dans la figure où l'on a représenté, en projection sur le plan vertical P passant par l'axe, un faisceau de huit trajectoires issues d'un point A du plan P, à $14^{cm}$ en amont du plan de rotation, et à $23^{cm},5$ en dessous de l'axe. La légende de la figure indique la façon dont les points correspondants sont définis; $p_4$, par exemple, est dans le plan de rotation de l'hélice, alors que l'extrémité du bord de fuite de la pale a quitté la position basse située dans le plan P, et en est distante de 135°. On a tracé également, sur la figure, une ligne d'émission correspondant à la phase 45°.

On peut distinguer sur les spires des lignes d'émission issues du point A trois parties : la partie 1 constituée par le tourbillon apparaît sous la forme d'un tube hélicoïdal dont la base circulaire est dans le plan P que l'on suit sur une certaine longueur croissant avec la distance de l'hélice et qui se termine en pointe : nous donnerons une interprétation de cette apparence

(1) Séance du 4 juin 1934.


Légende
P1 0°
P2 45°
P3 90°
P4 135°
P5 180°
P6 225°
P7 270°
P8 315°
Diamètre de l'hélice 45 cm.
Vitesse de rotation 25 t/s
" d'avancement 2 m/s 20
10cm

plus loin; immédiatement derrière l'hélice on trouve dans le tourbillon la bouffée $p_1$.

Sur la partie 2 se distribuent les points en bouffées suivant $p_1$ et précédant $p_5$; au fur et à mesure que la spire progresse vers l'aval, les points correspondants progressent sur cette branche dans le sens des flèches $a$, et l'on voit qu'ils entreront obligatoirement dans le tourbillon, d'autant plus tard, du reste, qu'ils seront plus proches de $p_5$. Sur la partie 3, qui comprend les points suivant $p_5$ et précédant $p_1$, les bouffées progressent dans le sens des flèches $b$ et, par conséquent, entreront dans le tourbillon d'autant plus tard qu'elles seront plus proches de $p_5$. Le point $p_5$ lui, semble occuper toujours la même place sur les spires successives, et il n'entrera par conséquent jamais dans le tourbillon. En ce qui concerne les vitesses tangentielles, faute de place, nous n'avons inscrit en plan que la trajectoire du point $p_4$. On peut dire que les points compris entre $p_1$ et $p_5$ limites exclues, ont à l'aval de l'hélice une vitesse tangentielle supérieure à celle des points compris entre $p_4$ et $p_1$, limites exclues. En tout cas, cette composante tangentielle est de l'ordre du 1/10ᵉ de la composante sur le plan vertical de l'axe. En amont de l'hélice, les vitesses des points entre $p_1$ et $p_6$, limites incluses, ont une composante tangentielle opposée à la rotation de l'hélice, égale au maximum au 1/10ᵉ de la vitesse d'avancement. Dans le tourbillon, les choses se passent tout différemment. Les particules d'air y sont animées de fortes vitesses tangentielles dont la valeur est maximum sur la ligne moyenne du tourbillon; la vitesse angulaire correspondante est de l'ordre du 1/12ᵉ de la vitesse angulaire de l'hélice. Par suite de ces vitesses tangentielles, la fumée dans le tourbillon est chassée fortement du plan P, d'où l'apparence de tube; les parties du tube proches du plan P sont constituées de bouffées telles que $p_2$, $p_3$ ou $p_7$, $p_8$, alors que la pointe est formée par $p_1$. Une remarque importante s'ensuit; *les noyaux tourbillonnaires sont pleins.*

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Comparaison des spectres continus de quelques étoiles des types* A *et* B. *Dosages nocturnes d'ozone.* Note [1] de MM. **D. Barbier**, **D. Chalonge** et **E. Vassy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

*Spectres stellaires.* — Cette étude a été faite au moyen d'un appareillage très simple, construit principalement en vue de la mesure nocturne précise

---

[1] Séance du 11 juin 1934.

des coefficients d'absorption de l'atmosphère dans l'ultraviolet. Le spectrographe est à prisme objectif : un prisme de Cornu, de $68^{mm}$ de haut sur $65^{mm}$ d'arête de base, est suivi d'une lentille simple de $65^{mm}$ de diamètre et de $60^{cm}$ de distance focale environ, satisfaisant à la condition des sinus pour son foyer. On crée de l'astigmatisme en inclinant la lentille, autour de son diamètre parallèle à l'arête du prisme ([1]), d'une dizaine de degrés à partir de sa position normale : on peut ainsi obtenir, d'une étoile, un spectre élargi ($1^{mm},3$ en moyenne) en recueillant sur la plaque les focales tangentielles relatives aux diverses radiations. Le spectrographe est placé sur une petite monture équatoriale sans mouvement d'horlogerie, et l'on suit l'étoile, au moyen d'une lunette guide, liée au spectrographe.

Les spectres de gradation (à temps de pose constant) s'obtiennent à partir d'une étoile artificielle constituée par un tube donnant le spectre continu de l'hydrogène moléculaire, placé à $1550^{m}$ du spectrographe au foyer d'une lentille de quartz munie d'un diaphragme de surface variable.

Cette étude préliminaire a été faite en avril dernier, au Lichtklimatisches Observatorium d'Arosa (alt. $1860^{m}$, pression moyenne $610^{mm}$) en Suisse. Grâce à la pureté de l'atmosphère, nous avons pu prendre de bons spectres de $\alpha$ Lyræ, $\alpha$ Virginis, $\alpha$ Leonis, $\gamma$ Cassiopeiæ, s'étendant jusqu'aux environs de 3100 Å et pour des distances zénithales atteignant parfois 80°, le temps de pose restant toujours compris entre 10 et 20 minutes ([2]) (plaques Guilleminot Fulgur).

Chaque plaque contient (outre les spectres de gradation) plusieurs spectres de la même étoile relatifs à une série de distances zénithales et permettant de déterminer les coefficients d'absorption de l'atmosphère pour toutes les radiations photographiées (3100-4900 Å) : nous pouvions donc en déduire la comparaison des rayonnements continus des étoiles étudiées (en dehors des raies d'absorption ou d'émission), corrigés de l'absorption atmosphérique, à celui du tube à hydrogène, et par suite, la répartition de l'énergie dans les spectres stellaires, puisque l'on connaît la courbe d'énergie du spectre continu de la molécule d'hydrogène. Ces courbes de répartition énergétique sont représentées sur la figure : leur précision n'est pas aussi grande qu'elle pourrait l'être étant donné l'incer-

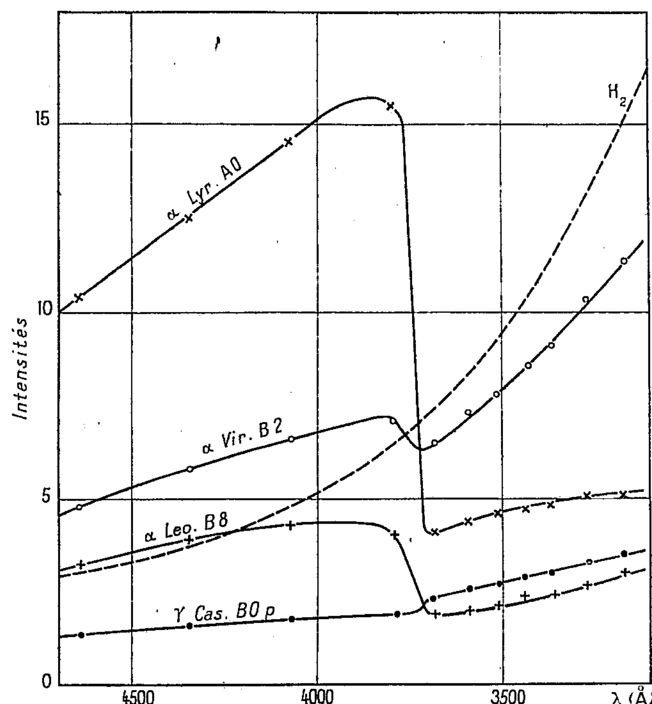
---

(1) A. Couder, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1199.

(2) Les spectres stellaires correspondant à de grandes distances zénithales ont parfois un temps de pose de 1,5 à 2 fois plus grand que les autres spectres du même cliché; nous avons vérifié que la loi de réciprocité est applicable dans ce cas.

titude qui règne encore sur la distribution exacte de l'énergie dans le spectre continu de l'hydrogène (¹), mais elles permettent de comparer entre elles les intensités des rayonnements des 4 étoiles, pour chaque longueur d'onde.

Ces courbes mettent bien en évidence l'absorption continue de l'atome




d'hydrogène au-dessous de 3750 Å, croissante de B2 à A0, et celle relative à γ Cassiopée montre ce même spectre continu en émission.

Le spectre continu du tube à hydrogène s'est montré assez analogue à ceux des étoiles de ces types et constitue pour de telles études une excellente source de comparaison. Il a de plus, sur les spectres de corps noir,

(¹) Cette distribution est donnée par la courbe en trait discontinu (d'après CHALONGE et NY TSI-ZÉ, *J. de Physique*, 1, 1930, p. 416) compte n'étant pas tenu de l'absorption exercée par 1550ᵐ d'air : si une courbe meilleure est proposée, il suffira de multiplier les ordonnées des diverses courbes par les mêmes facteurs correctifs que celles de l'hydrogène.

l'avantage d'être très peu sensible aux changements dans les conditions dans lesquelles il est produit [1].

*Dosages nocturnes d'ozone.* — Connaissant les coefficients d'absorption atmosphérique jusqu'à 3128 Å nous avons pu calculer l'épaisseur d'ozone contenue dans l'atmosphère. Les valeurs trouvées s'intercalent bien entre celles mesurées, pendant les jours voisins, par Götz au moyen du spectrographe de Dobson.

PHYSIQUE. — *Sur la mesure des pressions par la détermination photographique des niveaux atteints par les liquides dans les tubes.* Note [2] de M. A. FORTIER, présentée par M. Brillouin.

Dans la mesure des pressions, avec des manomètres à liquides, il est souvent nécessaire d'employer des tubes manométriques relativement étroits et par suite d'effectuer des visées sur des ménisques, problème dont la difficulté est classique. Or il se trouve que dans le cas des liquides transparents, la photographie du ménisque peut permettre, non seulement de lever cette difficulté, mais encore d'obtenir une précision tout d'abord inattendue.

Soit en effet un tube manométrique, vertical pour fixer les idées, éclairé par un faisceau rasant obtenu en disposant vers le bas du tube, à une certaine distance du ménisque, une source lumineuse diffusante peu étendue S (*fig.* 1). Les rayons entrés dans le liquide sous un angle voisin de l'angle limite et rencontrant le ménisque se divisent en deux groupes : les uns réfléchis totalement sur la partie inférieure du ménisque enveloppent après leur rentrée dans l'air une caustique virtuelle $C_1$ ; les autres après deux réfractions liquide-air et air-liquide rentrent finalement dans l'air et enveloppent une deuxième caustique $C_2$.

Un appareil photographique, à axe normal au tube, est mis au point sur la région du ménisque; sur la plaque (*fig.* 2) s'enregistrent deux petits trais fins dont l'épaisseur est de l'ordre de la grosseur du grain de l'émulsion ($0^{mm},01$ avec les émulsions photomécaniques) et qui sont des images des focales $f_1$ et $f_2$ suivant lesquelles le plan de visée coupe respectivement $C_1$ et $C_2$.

Chacune de ces focales peut être utilisée pour déterminer la position du

(1) CHALONGE, *Ann. de Phys.*, 1, 1934, p. 124.
(2) Séance du 4 juin 1934.

niveau du liquide en raison du fait, facile à établir théoriquement, qu'elle reste pratiquement fixe par rapport au ménisque lorsqu'on déplace la source lumineuse ou l'appareil photographique. Par exemple, l'objectif étant situé à $1^m$ d'un tube de $4^{mm}$ de diamètre, le déplacement de $f_1$ est inférieur à $0^{mm},01$ quand l'inclinaison par rapport à l'axe du tube des rayons issus de S passe

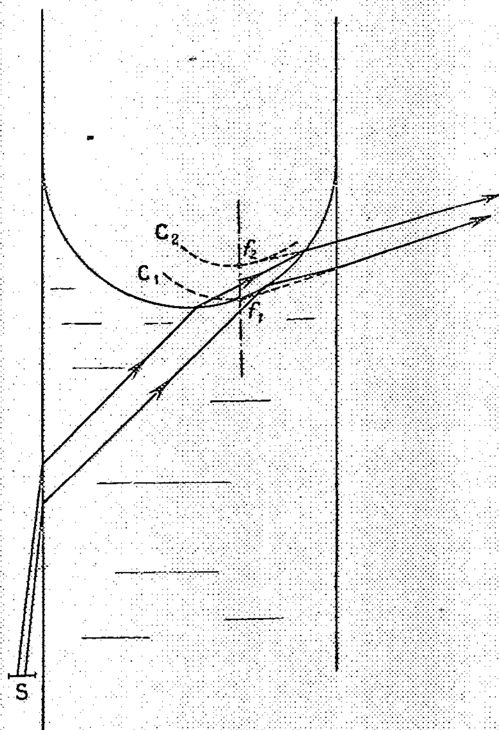



Fig. 1.

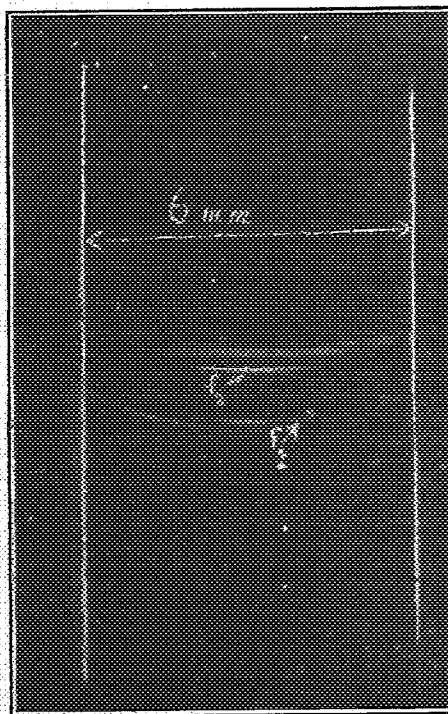



Fig. 2.

de 0 à $6^g$. Des déplacements de l'appareil photographique de $20^{cm}$ de part et d'autre du plan horizontal tangent au ménisque entraînent pour la distance de $f_1$ (1), au centre du ménisque, une variation inférieure à $0^{mm},02$.

Pour les tubes plus larges, où le ménisque peut être considéré comme ellipsoïdal, une construction graphique montre que les résultats précédents

(1) Les déplacements de $f_2$ sont du même ordre de grandeur, mais sa définition par rapport au ménisque est moins précise, car elle fait intervenir des rayons se réfractant au voisinage du raccordement du liquide avec le tube, il est donc préférable d'utiliser uniquement $f_1$.

ne sont pas modifiés, ou plus exactement sont modifiés dans un sens favorable à la précision.

Toutes ces prévisions ont été vérifiées par des visées directes au microscope cathétométrique.

Dans la pratique, où la hauteur de liquide H équivalente à la pression à mesurer est de l'ordre de quelques décimètres, il suffit de placer l'objectif à mi-hauteur entre les deux ménisques à une distance de l'ordre de 2H. On vérifie aisément que l'erreur commise dans ces conditions sur H est au maximum égale à l'épaisseur du trait constituant l'image de la focale.

La méthode photographique est particulièrement précieuse lorsqu'on doit mesurer des pressions variant suivant une loi à déterminer. Si par exemple on effectue sur la même plaque à intervalles de temps connus des photographies instantanées du tube, on arrive par un réglage convenable de l'intensité de la source S, à n'enregistrer à chaque prise de vue que les deux traits images des focales; les variations de la pression en fonction du temps peuvent ensuite s'obtenir à loisir par des mesures micrométriques sur le cliché.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude expérimentale des fluctuations de résistance dans un conducteur métallique de faible volume.* Note [1] de M. J. **Bernamont**, présentée par M. Cotton.

J'ai indiqué [2] qu'un conducteur métallique de faible volume est sujet à des fluctuations de résistance d'origine électronique dont l'étude nous renseigne sur le nombre $n_0$ d'électrons libres par centimètre cube dans le métal étudié et sur la vie moyenne $\theta$ d'un électron libre.

Je donne ici quelques détails sur une expérience faite avec un fil fin de platine de 1 micron de diamètre environ obtenu par la méthode de Wollaston. Afin d'utiliser à l'intérieur de ce fil une très grande densité de courant, je le fais baigner dans de l'éther de pétrole. Le montage électrique est schématiquement représenté par la figure 1.

Le fil étudié se trouve en R dans le circuit d'une pile S et d'un transformateur T de rapport 5, dont le secondaire est connecté à l'entrée d'un amplificateur à résistances qui permet de déceler $10^{-7}$ volt environ. Un

(1) Séance du 28 mai 1934.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1755.

interrupteur I permet de remplacer la pile par un court circuit. On peut faire varier le courant dans le fil en choisissant convenablement le nombre d'éléments de la pile P.

La sortie de l'amplificateur se fait sur un couple thermoélectrique connecté à un galvanomètre très sensible G, en sorte que la déviation du galvanomètre est proportionnelle au carré moyen du voltage d'entrée.

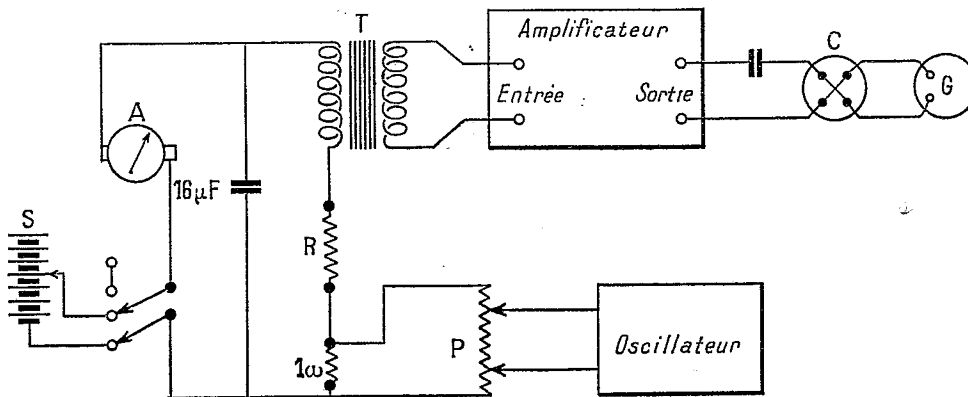



Fig. 1.

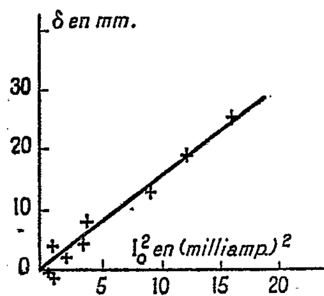



Fig. 2.

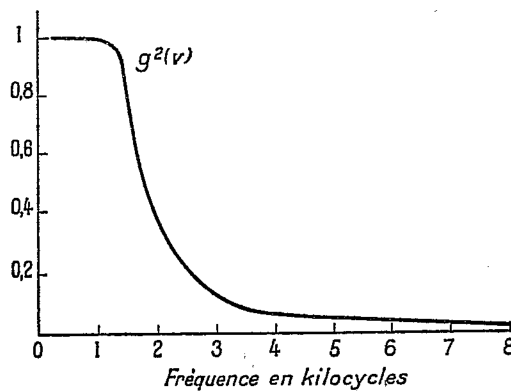



Fig. 3.

Un potentiomètre P permet de produire dans le circuit d'entrée une force électromotrice sinusoïdale très petite de période 1024; je compare la déviation obtenue à la déviation que donne l'effet à mesurer. En faisant varier la fréquence de l'oscillateur on peut également tracer la courbe de sensibilité de l'ensemble du montage.

Les expériences étaient faites de nuit après 1^h du matin pour éviter les perturbations d'origine électromagnétique dont l'effet se faisait sentir malgré les blindages métalliques, et surtout l'effet microphonique sur le fil capillaire.

La déviation permanente produite par l'effet Johnson, l'effet Schottky sur la lampe d'entrée et les faibles champs magnétiques alternatifs captés par le transformateur T était d'environ $140^{mm}$, stable à 1 pour 100 près, en l'absence de perturbations extérieures. Au moyen de l'interrupteur I, je lançais le courant dans le fil de platine. Je notais la déviation moyenne, lorsque l'équilibre était établi en observant le spot pendant deux ou trois minutes. Ce dernier s'écartait rarement de plus de $2^{mm}$ d'une position moyenne. La figure 2 donne la différence des déviations observées avec et sans courant dans le fil capillaire, en fonction de l'intensité de ce courant.

Des dégagements gazeux qui se produisent dans l'éther de pétrole interdisent des intensités plus fortes que 4 milliampères.

Avec les notations de la Note précédente on a

$$Q = \frac{I_0^2}{i_0^2 \varphi} = \frac{I_0^2 R^2}{v_0^2 \varphi},$$

$v_0$ est la force électromotrice d'entrée de période 1024 qui produit même déviation à la sortie que le phénomène étudié. Pour déterminer le volume $\varphi$, je me suis servi de la résistivité donnée par les tables pour le platine recuit en supposant le fil parfaitement cylindrique.

$R = \rho l/s$ et $\varphi = ls$. Dans le cas étudié, $R = 14.083\,\omega$ à $17°,5$; $l = 5^{cm},4$. En prenant $\rho = 1,05.10^{-5}$ ohm-cm; $s = 4,03.10^{-9}\,cm^2$; $\varphi = 2,18.10^{-8}\,cm^3$ et $Q = 1,45.10^{25}$ C. G. S.

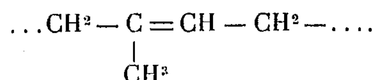
J'ai ensuite déterminé $f = \int_0^\infty g^2(\nu)\,d\nu$ où $g^2(\nu)$ est le rapport entre les déviations obtenues à la sortie pour une même force électromotrice d'entrée de fréquence $\nu$ et de fréquence $\nu_0 = 1024$ cycles. Le graphique 3 représente les variations de $g^2(\nu)$ en fonction de la fréquence $\nu$. J'ai calculé l'intégrale $f$ par pesée : $f = 2.350$ cycles.

J'ai déjà donné la conclusion de cette étude : $n_0/\theta = 1,37.10^{20}$ C. G. S. à 10 pour 100 près.

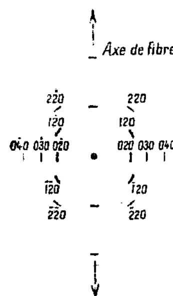
PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Diffraction d'électrons par le caoutchouc.* Note (¹) de MM. **J.-J. Trillat** et **H. Motz**, transmise par M. M. de Broglie.

L'un de nous a montré qu'il était possible d'obtenir des diagrammes de diffraction électronique avec des films minces de corps organiques tels que les acides gras et les paraffines (²), la cellulose et ses dérivés (³).

Les substances étudiées jusqu'ici n'ont pas été choisies au hasard; elles appartiennent à des types fondamentaux de chaînes linéaires carbonées, formées par la répétition suivant une direction d'éléments identiques (— $CH^2$ ou restes glucosidiques). Il était important d'étudier également des chaînes du type de celles qui constituent le caoutchouc, et qui sont formées par la répétition du reste isoprène :




Nous avons cherché si l'analyse électronique, avec sa puissance d'investigation, ne pouvait pas être utilisée avec succès dans ce cas. Dans ce but, nous avons préparé, à l'aide d'une technique qui sera décrite dans un




autre Recueil, des films de caoutchouc de quelques $\mu\mu$ d'épaisseur (à partir de feuilles fumées ou de crêpe); ces films ont été étirés d'environ 100 pour 100, et examinés en envoyant, *perpendiculairement à leur surface*,

(¹) Séance du 4 juin 1934.

(²) J.-J. Trillat, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 215; *Journ. de Phys.*, 7ᵉ série, 4, 1, 1933, p. 38.

(³) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1025.

un pinceau d'électrons monocinétiques accélérés par une différence de potentiel de 30 à 40000 volts.

On observe alors sur l'écran fluorescent deux types de figures de diffraction : 1° trois halos « amorphes », ceci lorsque la préparation est trop épaisse ou n'est pas étirée; 2° des taches très fines et régulièrement réparties (voir schéma).

L'étude détaillée de ces phénomènes amène aux conclusions suivantes :

Tout d'abord, les diagrammes de points n'apparaissent nettement que pour des préparations étirées (100 pour 100 environ). Les électrons incidents sont alors diffractés par des assemblages moléculaires régulièrement disposés et orientés, agissant comme un cristal unique. Ceci confirme le résultat déjà connu (Katz, Mark, Meyer, Rosbaud), à savoir que le caoutchouc étiré est biréfringent, et qu'il apparaît des interférences cristallines, *aux rayons X*, lorsque le degré d'allongement est au moins de 100 pour 100. Mais ces dernières interférences ne sont vraiment nettes que pour des étirements de 500 à 700 pour 100, alors que l'analyse électronique montre que cette « cristallisation » se produit en réalité, pour des films minces, avec des étirements beaucoup plus faibles.

L'étude a indiqué en outre que ce phénomène de pseudo-cristallisation *n'est pas stable :* il ne peut être obtenu qu'avec des films fraîchement préparés et examinés immédiatement après étirement. Les taches de diffraction disparaissent progressivement avec le temps (en 24 heures environ), et encore plus rapidement sous l'action des électrons incidents (effet thermique).

En tout cas, il est établi que les plages cristallines *ne préexistent pas* dans un film non étiré, car elles ne pourraient manquer d'être décelées par l'analyse électronique. Autrement dit, le caoutchouc au repos est constitué par des chaînes d'isoprène disposées au hasard et repliées sur elles-mêmes (structure amorphe donnant les diagrammes du 1er type); la traction *oriente* ces chaînes en les disposant parallèlement, suivant une répartition périodique, et en réalisant ainsi une véritable structure cristalline artificielle. Ceci n'a pas lieu pour les films d'acétyl- ou de nitrocellulose, qui cristallisent d'une façon parfaite sans traction, sous l'influence des seules tensions internes (1), alors que, pour le caoutchouc, il est nécessaire de faire intervenir une action directrice supplémentaire.

Il est vraisemblable que cette différence est due à ce que les chaînes de

(1) J.-J. Trillat, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1025.

valence principale constituant la cellulose et ses dérivés sont *rigides*, tandis que celles constituant le caoutchouc sont *déformables* (enroulées sur elles-mêmes) et ne prennent une disposition régulière que par le dépliage consécutif à un étirement. Cette déformabilité, due à la présence d'une double liaison, est à l'origine de l'élasticité du caoutchouc.

Les diagrammes électroniques du caoutchouc fournissent un nombre de taches plus élevé que les diagrammes X; ils permettent en outre la détermination exacte de deux des côtés de la maille élémentaire, alors que les rayons X ne donnent que la période d'identité suivant l'axe de fibre.

Leur interprétation nous a conduit à affecter ces taches des indices représentés sur la figure. La surface du film étiré est constituée par un réseau rectangulaire plan, dont les dimensions sont : $c = 8,1$ Å; $a = 12,4$ Å. Il est intéressant de constater que la première de ces distances, qui correspond à l'axe de fibre, est identique à celle trouvée par les rayons X (Meyer et Mark). La seconde coïncide aussi exactement avec l'une des dimensions de la maille que ces auteurs ont déduit à la suite de diverses hypothèses : mais, dans notre cas, ce résultat est obtenu d'une façon directe, et apporte donc une confirmation complète aux théories de Meyer et Mark. D'ailleurs, la position et les équidistances calculées pour la plupart des taches est identique à celles obtenues avec les rayons X.

Il résulte aussi de nos recherches que les chaînes d'isoprène sont disposées *à plat* sur la surface du film (dans le cas où le film est orienté par traction).

Enfin il apparaît sur nos clichés quelques taches qui n'appartiennent pas au réseau du caoutchouc orienté. Nous aurons à indiquer la cause d'apparition de ces taches.

ÉLECTROCHIMIE. — *Capacité d'électrode en présence d'ions étrangers et capacité électrocapillaire du mercure*. Note de M. **N. Thon**, présentée par M. G. Urbain.

I. Soient $\alpha$ la fraction de l'unité de surface de l'électrode occupée par la capacité, $l$ l'épaisseur de la couche double, D sa constante diélectrique, la capacité d'électrode par centimètre carré s'écrit

$$C = \frac{D\alpha}{4\pi l}. \tag{1}$$

L'expression, que nous avons établie précédemment ([1]), de la capacité apparente C′ prend la forme

$$C' = \frac{4\pi(1-\alpha)^2}{\omega^2 D \alpha \rho^2 l} + \frac{D\alpha}{4\pi l}. \tag{2}$$

Nous avons pu montrer ([1]) que la dispersion observée de C′ d'une électrode métallique en présence de ses ions *propres* s'explique par la variabilité, en fonction de la concentration, de la fraction $\alpha$ seule.

II. En solution d'ions autres que ceux du métal de l'électrode et en absence de ces derniers, la capacité mesurée diminue encore avec la concentration de l'électrolyte. On observe, dans ce cas, une dispersion moins importante qu'en présence d'ions propres. Voici, à titre d'exemple, quelques mesures de capacité du mercure ([2]) :

| | μF/cm². | | | |
|---|---|---|---|---|
| ν (sec⁻¹). | $KNO_3$ 1 m. | $KNO_3$ 0,01 m. | KCl 1 m. | KCl 0,1 m. |
| 1050......... | 37 | – | 50,5 | 35,7 |
| 2100......... | 28,9 | 8,7 | 45,5 | 30,6 |
| 4200......... | 24 | 7,7 | 38,3 | 24,4 |
| 7350......... | 18,3 | 6,9 | 27,8 | 19,7 |
| 10200......... | 12,5 | 6,0 | 20 | 14,2 |
| 12500......... | – | 5,1 | – | 10,6 |

III. En absence d'ions propres du métal, $\alpha$ approche de l'unité et c'est le second terme du deuxième membre de l'équation (2) qui devient prépondérant. La capacité mesurée C′ devient identique à la capacité vraie C. La variation observée de la capacité en fonction de la concentration totale de l'électrolyte est, par conséquent, due aux deux facteurs suivants :

*a.* Variation de la distance moyenne $l$ à l'électrode de l'armature ionique du condensateur d'électrode, conformément à la théorie de Stern ([3]).

*b.* Variation en fonction de la concentration de la constante diélectrique de la *solution*. On sait en effet ([4]) qu'en solution diluée la constante diélectrique diminue d'abord avec la concentration croissante, passe par un minimum, puis se relève, si bien qu'aux concentrations élevées sa valeur devient nettement supérieure à celle du solvant. Il paraît plausible

---

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1681.

([2]) Cf. *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1220.

([3]) *Z. Elektrochem.*, **30**, 1924, p. 508.

([4]) Walden, Ulich et Werner, *Z. Physik. Ch.*, **124**, 1926, p. 405; Pechhold, *Ann. d. Physik*, **83**, 1927, p. 427; Gronwall et La Mer, *Science*, **64**, 1926, p. 122.

d'admettre une allure analogue pour la variation en fonction de la concentration de la constante diélectrique D qui intervient dans la capacité d'électrode.

Les effets (*a*) et (*b*) relèvent de la concentration totale de la solution en ions quels qu'ils soient alors que la fraction $\alpha$ dépend seulement de la quantité d'ions neutralisables, donc, en absence de polarisation extérieure, de la concentration d'ions propres du métal.

IV. La dispersion que l'on observe en solution d'ions étrangers seuls semble indiquer une variabilité en fonction de la fréquence de la constante diélectrique D de la couche comprise entre l'électrode métallique et l'atmosphère ionique. Dans cette région, l'orientation des dipôles est entravée et diminue avec la fréquence croissante déjà aux fréquences aussi basses que celles de nos mesures. La couche de passage se comporterait donc comme certains diélectriques très visqueux (¹) ou comme les corps solides au voisinage du point de fusion (²).

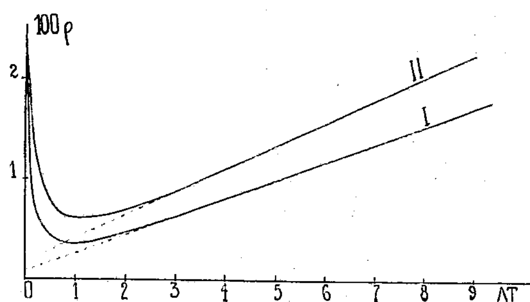
V. Il y a désaccord entre la valeur de la capacité d'électrode *minima* du mercure *polarisé*, mesurée au pont Wheatstone en courant alternatif ou à l'aide de l'oscillographe et celle que l'on tire de la courbe électrocapillaire à l'aide de la relation $C = d^2\sigma/d\varepsilon^2$ ($\sigma =$ tension superficielle, $\varepsilon =$ potentiel). Cette dernière valeur, d'environ $20\,\mu F/cm^2$, est au moins 3-4 fois plus grande que la première. Récemment, Frumkin (³) attribuait cette divergence, d'une manière générale, à un phénomène de retard dans l'établissement de l'équilibre. Conformément à ce qui précède (IV), nous croyons pouvoir préciser ce point en concluant que l'écart doit être dû à la variabilité de la constante diélectrique D à l'électrode. Dans la mesure électrocapillaire on opère uniquement en tension continue, donc à la fréquence zéro. La constante diélectrique, statique, doit par conséquent être supérieure à celle qui intervient dans les mesures en courant variable ou alternatif.

---

(¹) KITCHIN et MÜLLER, *Physic. Rev.*, 32, 1928, p. 979.
(²) GRANIER, *Comptes rendus*, 170, 1924, p. 1313.
(³) *Sov. Phys.*, 4, 1933, p. 242.

DIFFUSION DE LA LUMIÈRE. — *Sur la diffusion de la lumière par les mélanges binaires au voisinage du point critique de miscibilité complète : mesures du facteur de dépolarisation.* Note [1] de M. **A. Rousset**, présentée par M. Ch. Fabry.

Si l'on éclaire un mélange homogène de deux liquides, on observe une lumière diffusée d'autant plus intense que la température du mélange se rapproche du point critique de miscibilité complète ($T_c$); cette diffusion s'explique par l'importance croissante des fluctuations locales de concentration. D'après la théorie d'Einstein [2], la lumière diffusée à 90° du faisceau incident doit être complètement polarisée, c'est-à-dire encore le facteur de dépolarisation $\rho = i/I$ doit être nul ($i$ et I sont les intensités des vibrations diffusées, parallèle et perpendiculaire au plan du faisceau incident et du faisceau diffusé). Cependant Rocard [3] a trouvé pour $\rho$ une valeur non nulle et constante dans le domaine d'opalescence (jusqu'à 4 à 5° au-dessus de $T_c$) pour tous les mélanges qu'il a étudiés; il explique ses résultats expérimentaux par une diffusion supplémentaire dépolarisée due aux fluctuations du champ moléculaire.




J'ai mesuré le facteur de dépolarisation de la lumière diffusée par les mélanges suivants : (I), eau-acide isobutyrique, $T_c = 25°,50$; (II), hexane-nitrobenzène, $T_c = 18°,40$; dans un intervalle de température d'environ 10° au-dessus du point de miscibilité complète. Les mesures visuelles ont été faites par la méthode de Cornu, au moyen des raies jaunes et vertes de l'arc au mercure. Les courbes (I) et (II) se rapportant chacune à l'un des

(1) Séance du 11 juin 1934.

(2) *Annalen der Physik*, 33, 1910, p. 1275.

(3) *Annales de Physique*, 10, 1928, p. 116.

mélanges ci-dessus, ont été obtenues en portant, en abscisses, les valeurs de $\Delta T = T - T_c$ (T : température du mélange pendant la mesure), en ordonnées les valeurs de $100\,\rho$.

Les deux courbes ont sensiblement la même allure. Pour des valeurs décroissantes de $\Delta T$, on voit que $\rho$ commence par diminuer, passe par un minimum pour $\Delta T = 1°$ environ, et enfin augmente rapidement jusqu'au point critique ($\Delta T = 0$), où l'on obtient $100\,\rho = 2{,}3$ avec les deux mélanges.

1° La partie *rectiligne* de chaque courbe révèle une diminution de la dépolarisation lorsqu'on se rapproche du point critique; cette diminution provient de ce que les réémissions de lumière fortement dépolarisée (diffusion anisotrope, fluorescence) perdent peu à peu leur importance par rapport à l'opalescence provenant des fluctuations en concentration. La variation linéaire de $\rho$ en fonction de $\Delta T$ montre que I varie en raison inverse de $\Delta T$, ce que j'ai d'ailleurs vérifié directement dans l'intervalle $2° < \Delta T < 10°$, et si la théorie d'Einstein est exacte, les droites correspondantes doivent passer par l'origine. En réalité, on a une très faible ordonnée à l'origine, $\rho_0$, qui représente la valeur non nulle du facteur de dépolarisation de la lumière d'opalescence. J'ai obtenu, sur le graphique, $\rho_0 = 0{,}001$ pour le mélange (I), $\rho_0 = 0{,}002$ pour le mélange (II). *Ces valeurs sont dix fois plus faibles que celles prévues par la théorie du champ moléculaire;* elles sont de l'ordre de grandeur de la correction qu'il faut faire subir aux valeurs expérimentales de $\rho$ pour tenir compte de la convergence du faisceau incident ([1]).

2° L'augmentation de $\rho$ au voisinage immédiat du point critique s'explique bien par la *diffusion secondaire*, qui croît plus vite que la diffusion primaire si $\Delta T$ est suffisamment petit [comme $(1/\Delta T)^2$ tant que la diffusion primaire croît comme $1/\Delta T$]. En supposant un faisceau incident, aplati suivant $Oz$, et qui se propage suivant $Ox$, j'ai calculé l'intensité, dans la direction $Oy$, de la diffusion secondaire d'un élément de volume situé au centre O du volume diffusant. Si la vibration incidente, et par suite celle due à la diffusion primaire, sont parallèles à $Oz$, on obtient déjà pour la diffusion secondaire une composante parallèle à $Ox$, mais cette composante a sensiblement la même valeur en tous les points du tube renfermant le mélange binaire. A travers un nicol dont la section principale est parallèle à $Ox$, on ne doit pas voir la trace du faisceau primaire dans le champ d'observation; on doit trouver $\rho = O$. Si la vibration incidente, et par

([1]) J. CABANNES, *La diffusion moléculaire de la lumière*, p. 93 (Paris, 1929).

suite celle due à la diffusion primaire, sont parallèles à $Oy$ on trouve, pour la diffusion secondaire, que la composante parallèle à $Ox$ est sensiblement localisée sur le faisceau primaire, tandis que la composante parallèle à $Oz$, beaucoup plus faible, varie peu d'un point à l'autre du tube d'observation. A travers un wollaston, la trace du faisceau incident doit disparaître dans l'image due à la vibration I et subsister dans celle due à la vibration $i$; on doit avoir $\rho = \infty$.

Dans l'hypothèse de Rocard au contraire (légère dépolarisation de la diffusion primaire); le premier montage donnerait pour $\rho$ une valeur moitié de celle mesurée en lumière naturelle, le deuxième montage donnerait $\rho = 1$. Or, avec le premier montage, pour le mélange (1) et pour $\Delta T = 0,15$, j'ai trouvé pour $100\,\rho$ la valeur 0,15 au lieu de la valeur 1,0 obtenue en lumière naturelle. Avec le deuxième montage j'ai pu observer la disparition du faisceau dans I alors qu'il se détache nettement dans $i$ (ce qui correspondrait à une valeur de $\rho$ bien supérieure à 1).

La superposition d'une diffusion secondaire, partiellement dépolarisée, à la diffusion primaire, complètement polarisée, rend donc compte de l'augmentation de $\rho$ au voisinage immédiat du point critique.

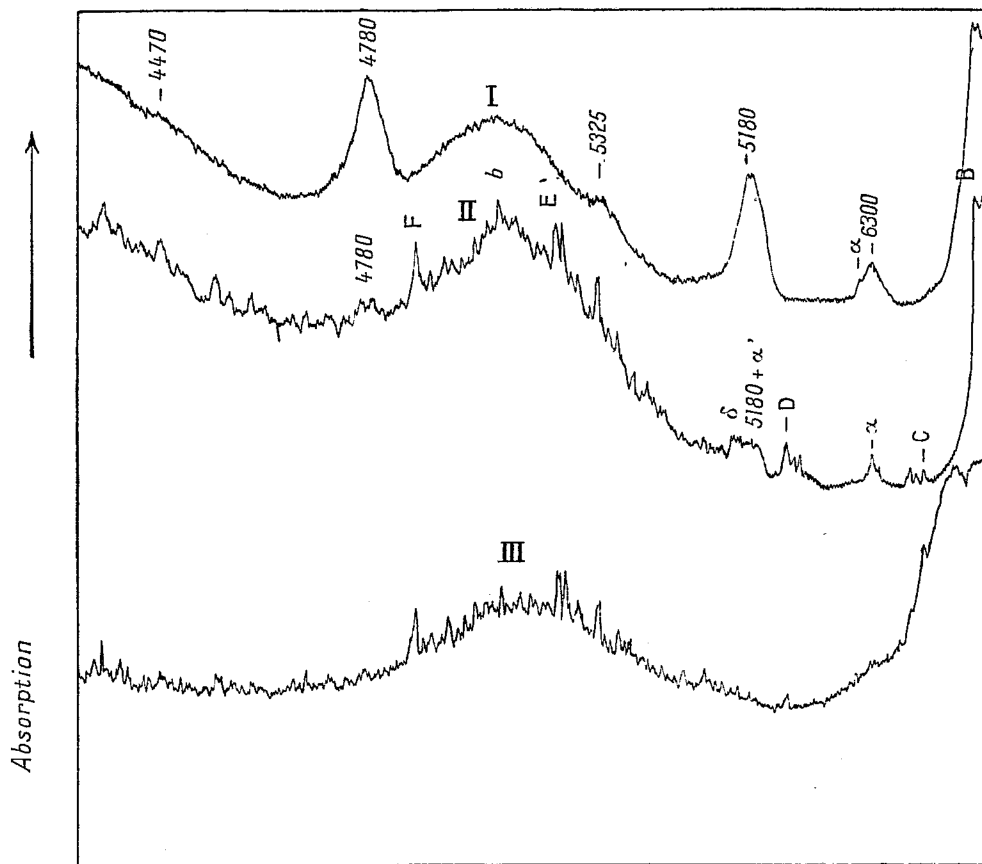
SPECTROSCOPIE. — *Sur l'absorption de l'oxygène entre* 7000 *et* 3000 Å. Note (1) de M. **L. Herman**, présentée par M. Ch. Fabry.

Janssen (2), en étudiant l'absorption de l'oxygène modérément comprimé (6 à 12 kg/cm²) pris sous une grande épaisseur, a mis en évidence trois bandes d'absorption situées dans la région visible du spectre et dont l'intensité varie proportionnellement au carré de la pression. Depuis Liveing et Dewar, Olszeswki, Shaver et autres ont montré l'existence d'autres bandes dans l'oxygène liquide ou fortement comprimé.

J'ai repris l'étude de l'oxygène faiblement comprimé dans une longue galerie souterraine, à l'Observatoire de Lyon. A cet effet j'utilise un tube métallique de $100^m$ de longueur et $80^{mm}$ de diamètre intérieur, pouvant supporter jusqu'à 15 kg/cm². Comme source j'ai utilisé une lampe à incandescence de 2 watts (6 volts 0,35 ampère) alimentée par des accumula-

(1) Séance du 11 juin 1934.
(2) *Comptes rendus*, 102, 1886, p. 1352.

teurs. Le faisceau est rendu parallèle avec une lentille achromatique; à la sortie du tube on projette sur la fente du spectrographe la focale verticale d'une lentille cylindrosphérique formée d'une lentille cylindrique et d'un objectif achromatique. Ces dernières lentilles sont liées rigidement au petit spectrographe Krüss à 2 prismes de verre.




Enregistrement I, absorption de l'oxygène comprimé à 10 kg/cm²;
Enregistrement II, spectre du soleil couchant; Enregistrement III, spectre du soleil haut.

J'ai fait varier la pression de 0 à 13 kg/cm². J'ai obtenu nettement les trois bandes de Janssen : 6300, 5780, 4780, la bande B très intense, ainsi que les bandes 5325, 4470, 3806 (la dernière ne figure pas sur l'enregistrement). En surexposant des plaques Ilford hypersensitives j'ai obtenu également la bande A.

La bande 6300 s'élargit très rapidement lorsque la pression croît; aussi

recouvre-t-elle la bande α avant que cette dernière n'apparaisse nettement. Néanmoins on peut mettre en évidence cette bande α en comparant l'enregistrement I à celui du spectre du Soleil couchant. La variation de l'intensité de la bande 6300 avec le carré de la pression doit être modifiée par la présence de la bande α, car cette dernière semble obéir à la loi de Lambert-Beer.

Les bandes les plus fortes de l'oxygène comprimé sont encore visibles à $3^{atm}$. Pour des pressions inférieures la bande B subsiste seule.

Janssen a annoncé qu'il avait observé visuellement les bandes 6300, 5780 et 4780 dans le spectre du Soleil couchant ([1]). J'ai photographié celui-ci avec le spectrographe utilisé pour étudier le spectre de l'oxygène. La comparaison directe des clichés montre en effet une analogie frappante entre les deux spectres, analogie qui se voit également sur les enregistrements reproduits ci-dessus. La bande α est beaucoup plus nette dans le spectre solaire que dans le tube d'absorption et recouvre en partie la bande 6300, très diffuse. La bande 5780 est aussi recouverte par les bandes δ (5780-5670) de la vapeur d'eau et α' (5830-5790) de l'oxygène. Mais le maximum de la première est nettement décalé vers les petites longueurs d'onde, tandis que la seconde, toujours plus faible que α, n'a pas une intensité suffisante pour expliquer la forte et large bande obscure dans le spectre du Soleil couchant. Malgré ces superpositions, la présence des bandes 6300 et 5780 est donc très probable dans le spectre du Soleil à l'horizon.

Enfin la bande 4780 se retrouve aussi nettement dans le spectre du Soleil couchant (tracée en pointillé sur l'enregistrement). Elle a d'ailleurs été déjà dessinée mais non identifiée par Angström.

C'est la plus caractéristique des trois, car on ne connaît pas d'autres bandes telluriques dans la même région.

SPECTROSCOPIE. — *Influence du champ électrique sur le spectre d'absorption du rubidium.* Note ([2]) de MM. **Ny Tsi-Zé** et **Choong Shin-Piaw**, présentée par M. Ch. Fabry.

H. Kuhn ([3]) est le premier qui ait étudié le spectre d'absorption du potassium vers la limite de la série principale dans un champ électrique. Il a cons-

---

([1]) *Report of the British Association for the Advancement of Science*, $58^{th}$ Meeting, Bath, september 1888, p. 547.

([2]) Séance du 11 juin 1934.

([3]) *Zeit. für Physik*, 61, 1930, p. 805.

taté que le nombre des raies observables de la série diminue à mesure que le champ augmente, et qu'il apparaît des raies nouvelles entre les raies principales. Ses expériences ont été récemment reprises par C. J. Bakker [1] par Edoardo Amaldi et Emilio Segrè [2], qui firent en plus les mêmes expériences avec le sodium.

Nous nous sommes proposé d'étudier, de la même manière, le spectre d'absorption du rubidium. La construction du tube d'absorption renfermant un condensateur plan est inspirée de celui que W. Grotrian et C. Ramsauer [3] ont utilisé dans leur étude de l'effet Stark. Comme source lumineuse, nous avons employé l'arc à charbon très pur et, comme appareil dispersif, le spectrographe $E_1$ de Hilger à optique de quartz. Un cristal de spath d'Islande est placé devant la fente du spectrographe, de manière que les spectres d'absorption de la composante parallèle (composante $\varpi$) et de la composante perpendiculaire (composante $\sigma$) au champ électrique peuvent être photographiés séparément et simultanément.

La figure 1 donne la courbe micro-photométrique d'une portion du spectre d'absorption du rubidium sans champ électrique que nous avons pu photographier jusqu'à son quarante-quatrième membre. Les deux raies marquées K sont dues au potassium existant comme impureté. La première raie à gauche de la figure 1 est 5S-12P, $\lambda = 3082,27$ Å. La raie ($\lambda = 3081,24$ Å) à côté de celle-ci, ainsi que les deux raies faibles voisines de 5S-13P et de 5S-14P, sont, sans doute, de ces raies nouvelles d'absorption signalées par Suchamoy Datta et Birendrakumar Chakravarty [4], dont nous avons pu observer un plus grand nombre à côté des membres plus bas.

Les courbes microphotométriques (A) et (B) de la figure 2 représentent les spectres d'absorption du rubidium dûs aux composantes $\varpi$ et $\sigma$ sous un champ électrique de 303 volts par centimètre. Les raies principales diminuent en intensité beaucoup plus vite que dans le champ nul et l'on ne peut les suivre ici que jusqu'à la raie 5S-24P dans le spectre de la composante $\varpi$ et à la raie 5S-26P dans celui de la composante $\sigma$. Entre deux raies successives de la série principale apparaissent deux raies nouvelles. Ce sont des raies interdites par les principes de sélection, l'une appartenant à la transition S — D, l'autre à la transition S — S.

Sous le champ électrique de 303 volts par centimètre, la raie de la série

(1) *Proc. Amst.*, 36, 1933, p. 589.
(2) *Nature*, 132, 1933, p. 444.
(3) *Phys. Zeit.*, 28, 1927, p. 846.
(4) *Indian Journ. of Phys.*, 7, 1932, p. 273.

5 S-$m$D qui apparaît la première correspond à $m = 13$ ($\lambda = 3055{,}02$ Å) et la première raie de la série 5 S — $m$S correspond à $m = 16$ ($\lambda = 3026{,}96$ Å).

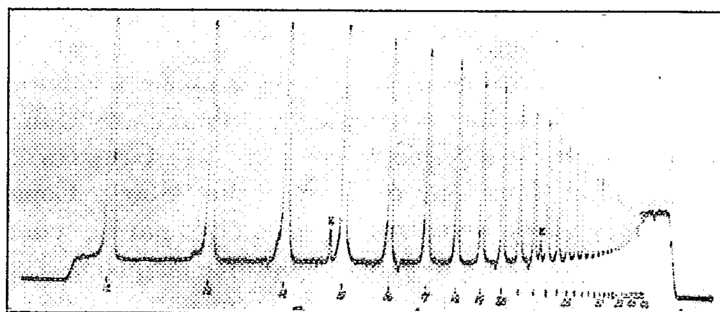


Fig. 1. — Sans champ.

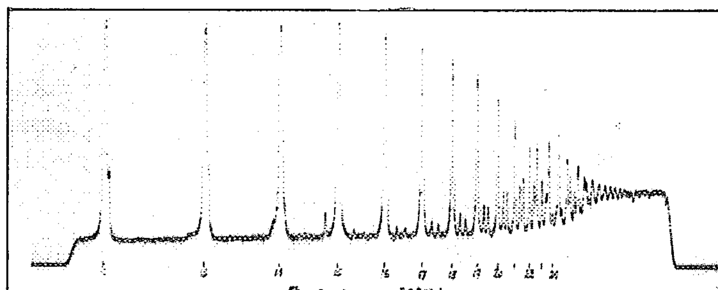


Fig. 2 *a*. — ϖ 303 v/cm,

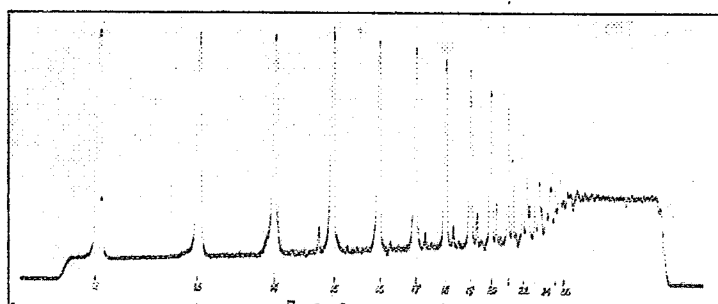


Fig. 2 *b*. — σ 303 v/cm.

L'intensité de ces raies interdites augmente avec le nombre $m$. Les premières raies de la série 5 S — $m$S sont moins intenses que les raies correspondantes de la série 5 S — $m$D, elles leur deviennent égales et puis les

dépassent en intensité : ceci est particulièrement clair sur le spectre de la composante $\varpi$ (*fig*, 2, A), la série 5S — *m*D s'arrête presque au même endroit que la série principale. Il ne reste plus que la série 5S — *m*S qui commence aussi à diminuer en intensité d'une raie à l'autre. Le nombre de raies observables de la série interdite 5S — *m*S sur le spectre de la composante $\varpi$ est plus grand que sur celui de la composante $\sigma$ (*fig*. 2, B).

Le champ électrique appliqué dans la vapeur de rubidium a été porté à 1820 volts par centimètre. Nous trouvons la même allure de phénomène, mais les raies interdites apparaissent plus tôt et la limite de la série principale se recule davantage vers le côté des grandes longueurs d'onde. Nous publierons prochainement ces expériences et résultats en détails.

RAYONNEMENT. — *Démonstration expérimentale de l'existence du rayonnement dipolaire magnétique*. Note [1] de M. **Henryk Niewodniczański**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai signalé récemment [2] dans le spectre du plomb neutre 4 raies *interdites* correspondant aux transitions entre les états atomiques de la même configuration électronique $6s^2 6p^2$. Ces transitions sont défendues pour le rayonnement normal dipolaire électrique par la règle de sélection de Laporte. Comme dans ces expériences le champ électrique extérieur ainsi que le champ intermoléculaire n'avait pas l'intensité suffisante pour exciter le rayonnement dipolaire électrique forcé, il ne restait qu'expliquer ces raies par les rayonnements de quadrupôles électriques et de dipôles magnétiques.

Une de ces raies $\lambda 4618$ ($^3P_1 - {}^1S_0$) est interdite pour le rayonnement quadrupolaire par la règle de sélection pour le nombre quantique $J$, car dans la transition correspondante $J_1 + J_2 < 2$. Suivant les lois de sélection pour le rayonnement dipolaire magnétique données par Brinkmann [3] ($\Delta n = 0$; $\Delta L = 0$; $\Delta S = 0$; $\Delta J = \pm 1$), la transition $^1S_0 \rightarrow {}^3P_1$ n'est pas permise pour ce genre de rayonnement non plus. Blaton et l'auteur [4] ont

(1) Séance du 4 juin 1934.

(2) *Physical Review*, 44, 1933, p. 854.

(3) H. C. Brinkman, *Dissertation*, Utrecht, 1932; A. Rubinowicz et J. Blaton, *Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften*, 11, 1932, p. 190.

(4) J. Blaton et H. Niewodniczański, *Physical Review*, 45, 1934, p. 64; J. Blaton, *Zeitschrift für Physik*, 89, 1934, p. 155.

montré que la probabilité de cette transition dans l'atome de Pb I n'est pas négligeable pour le rayonnement dipolaire magnétique; nous avons supposé par conséquent que la raie « interdite » λ4618 peut être attribuée au rayonnement dipolaire magnétique pur. C'est en vue de confirmer cette explication que l'effet Zeeman de cette raie a été étudié.

Il existe une analogie complète entre le champ de radiation du dipôle magnétique et celui du dipôle électrique; on n'a qu'à remplacer dans le premier le vecteur magnétique H par le vecteur électrique E et E par — H. Pour les deux genres du rayonnement dipolaire la règle de sélection pour le nombre de quanta magnétique $m$ est la même : $\Delta m = 0$ ou $\pm 1$. Au contraire, les règles de polarisation des composantes d'une raie spectrale dans l'effet Zeeman sont différentes. Dans la direction du champ magnétique, les composantes d'une raie dans l'effet Zeeman polarisées circulairement ne présentent aucune différence pour ces deux radiations dipolaires. Cependant, dans l'effet Zeeman transversal, les composantes d'une raie de dipôle magnétique provenant des transitions $\Delta m = \pm 1$ sont polarisées parallèlement au champ (les composantes $\pi$) et celles pour les transitions $\Delta m = 0$ perpendiculairement au champ (les composantes $\sigma$), contrairement à l'effet Zeeman pour la radiation dipolaire électrique normal. Alors, l'examen de l'effet Zeeman transversal d'une raie spectrale peut renseigner sur la nature du rayonnement.

Dans les expériences rapportées ici la vapeur raréfiée du plomb était produite dans un tube de quartz entouré d'un four électrique et joint aux pompes à vide. Des quantités définies d'argon étaient ajoutées à la vapeur de plomb et les décharges électriques à haute fréquence étaient excitées en utilisant des électrodes extérieures annulaires. La fréquence de ces oscillations électriques entretenues était environ $5.10^7$ cycles par seconde. Ces conditions sont particulièrement favorables à l'excitation des raies « interdites » du plomb, puisque les états métastables du PbI sont abondamment excités et en même temps leur vie moyenne est suffisamment prolongée.

Le tube contenant la vapeur rayonnante de plomb a été placé entre les pôles d'un électroaimant type Dubois. Les composantes de la raie λ4618 scindée dans le champ magnétique étaient photographiées en utilisant un étalon Fabry-Perot avec un spectrographe à prisme en verre. L'étalon se composait d'une plaque de quartz de $10^{mm},2$ d'épaisseur argentée de deux côtés. En plaçant entre le tube et l'étalon un prisme polariseur on obtenait successivement les photographies des composantes $\pi$ et $\sigma$.

Connaissant la valeur du facteur $g$ de Landé pour le terme spectral $^3P_1$

on pouvait espérer que la raie λ 4618 se décomposerait dans le champ magnétique transversal en un triplet avec un écart de 1,5 unité Lorentz. En effet, sur les plaques obtenues on voyait distinctement une composante centrale σ et deux composantes π, en complet accord avec les considérations précédentes.

On a vérifié ainsi l'interprétation de la raie interdite λ4618 dans le spectre du Pb I et en même temps *démontré pour la première fois l'existence du rayonnement dipolaire magnétique.*

PHOTOGRAPHIE. — *Déformations linéaires des films de nitrocellulose en fonction de l'humidité atmosphérique.* Note (¹) de M. **André Charriou** et M^lle **S. Valette**, présentée par M. Georges Perrier.

En photographie aérienne, il n'a pas été possible jusqu'ici d'utiliser des films pour les relevés cartographiques de précision. En effet, au cours des manipulations et traitements qui suivent l'exposition, les dimensions linéaires des films subissent des variations. Le repérage des distances séparant les différents détails du terrain photographié est alors entaché d'importantes erreurs.

Nous nous sommes donc proposé d'étudier les déformations linéaires des films commerciaux de nitrocellulose, en fonction de la teneur de l'atmosphère en humidité.

*Dispositif expérimental.* — Les échantillons de films, découpés en bande de 30^cm de longueur sur 1^cm,5 de largeur, étaient suspendus verticalement. A l'extrémité inférieure du film, était fixée une charge de 100^g par millimètre carré de section, destinée à tendre le film. Au préalable, deux repères très fins et distants de 25^cm étaient tracés sur le film.

Les déplacements des deux repères étaient mesurés par visée dans deux microscopes horizontaux, munis chacun d'un oculaire à micromètre. Dans ces conditions, la précision des mesures atteignait le centième de millimètre.

L'ensemble de ces appareils était disposé dans une petite pièce dans laquelle, soit par dégagement de vapeur d'eau, soit par insuflation d'air sec, il était possible de faire varier la teneur en humidité, à température constante.

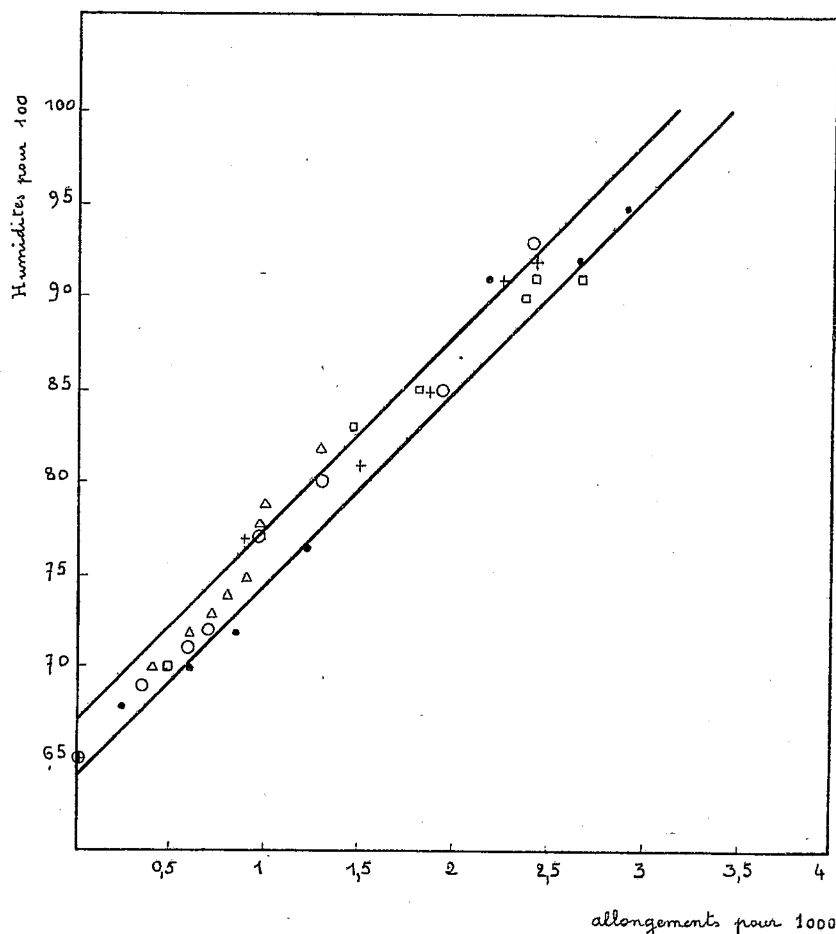
Nous avons vérifié que la charge exercée sur le film n'entraînait aucun allongement permanent, même après application d'une durée de 24 heures.

Nos mesures ont été réalisées à des températures variant entre 18° et 21°.

---

(¹) Séance du 11 juin 1934.

*Résultats expérimentaux.* — La figure ci-dessous groupe les principaux résultats obtenus au cours de nos essais. Les points représentent la valeur des allongements relatifs, en fonction de l'humidité, pour diverses natures de film : film nu, sens longitudinal, épaisseur $0^{mm},1$ (cercles et triangles); film nu, sens latéral, épaisseur $0^{mm},1$ (carrés); film émulsionné, sens lon-




gitudinal, épaisseur $0^{mm},1$ (croix); film émulsionné, sens longitudinal, épaisseur $0^{mm},15$ (points noirs). (L'âge de ces films s'échelonnait entre 2 et 13 mois environ, et aucun d'eux n'avait été, au préalable, ni lavé, ni développé.)

Nos expériences permettent de dégager les considérations suivantes :

1° Les dimensions linéaires des films de nitro-cellulose s'accroissent,

lorsque, à température constante, la teneur de l'atmosphère en humidité augmente.

2° Les allongements sont sensiblement proportionnels à l'accroissement d'humidité.

On remarque, en effet, que l'ensemble des points correspondant aux divers films peut être inscrit entre deux droites parallèles très voisines.

Les écarts existant entre les points sont certainement dus à des erreurs expérimentales; car il est très difficile de maintenir une atmosphère, assez volumineuse, à un degré hygrométrique constant pendant un temps suffisant pour que l'équilibre du film et des hygromètres avec la vapeur d'eau soit certainement atteint.

3° Lorsque la teneur de l'atmosphère en humidité augmente de 1 pour 100, les dimensions linéaires des films s'accroissent de 0,1 pour 1000.

4° La vitesse de l'absorption de la vapeur d'eau par le film est très rapide, l'établissement de l'équilibre dépend de l'épaisseur du film; nous n'avons pourtant pas trouvé de différences sensibles entre les films de $0^{mm},1$ et ceux de $0^{mm},15$ d'épaisseur. Au bout de quelques minutes, il n'y avait plus de variation mesurable dans la longueur du film.

5° Lorsque la teneur en humidité décroît, les films subissent une contraction, mais l'équilibre de déshydratation est beaucoup plus long à atteindre que celui d'hydratation. Néanmoins, après plusieurs heures, les films reprennent leurs dimensions initiales. La déformation en fonction de l'humidité peut donc être considérée comme réversible.

6° L'allongement est le même, soit dans le sens latéral, soit dans le sens longitudinal, et également semblable pour les films nus ou pour les films émulsionnés.

*Conclusion.* — Nos déterminations ont établi le sens ainsi que la valeur des déformations linéaires des films de nitrocellulose, en fonction de l'humidité atmosphérique, mais, comme nous l'exposerons dans un prochain travail, ces règles ne sont plus exactes lorsque les films ont, outre de l'action de la vapeur d'eau, été traités par l'eau ou par tous autres réactifs.

RAYONS X. — *Méthodes de focalisation dans l'analyse des poudres cristallines et dans la spectrographie des rayonnements* X *et* $\gamma$. Note de M. **H. Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

I. J'ai décrit ([1]) un principe de focalisation qui condense un certain nombre de réalisations particulières possibles dans la technique des rayons X et basée sur la remarque suivante :

Si un faisceau conique de rayons X éclaire une préparation cristalline disposée, dans le cas théorique limite, sur la circonférence d'un cercle normal et centré sur l'axe de ce faisceau, les cônes de Debye relatifs aux différents points de cette circonférence ont un point commun sur cet axe. Sur un plan passant par l'axe se dessinent des figures spectrales dont j'ai étudié la forme et les caractéristiques en fonction des constantes cristallines de la préparation et des données géométriques du montage.

A. Rogozinski ([2]) a présenté, deux mois plus tard, une Note de principe sur l'analyse cristalline aux rayons X par une méthode de focalisation.

Cette méthode est celle que, d'un point de vue plus général, j'ai moi-même décrite. M. Rogozinski doit faire la rectification correspondante. Il m'a signalé d'autre part, personnellement, l'existence d'un court article de Brentano ([3]). Cet auteur remplace le monocristal cylindrique de Gouy ([4]) par une préparation cristalline disposée suivant la paroi interne de ce cylindre et remarque, qualitativement, qu'il se forme sur l'axe des points de concentration du rayonnement diffusé. Mais il est évident, d'après ma précédente Note, que l'ensemble d'un certain rayonnement monochromatique diffusé ne donne plus d'images réelles stigmatiques de la source comme dans le cas de Gouy. La méthode d'analyse photographique proposée par M. Brentano me semble d'une réalisation, pour le moins compliquée et délicate.

Si l'on se reporte à ma Note antérieure, on peut évaluer la largeur d'une zone de concentration sur l'axe lorsque la préparation présente un certain volume. Une extension $\delta_1$ de la préparation parallèlement à l'axe donne

---

([1]) H. Hulubei, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 79.
([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 953.
([3]) *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 5, 1, 1919, p. 550.
([4]) *Ann. de Phys.*, 9e série, 5, 1916, p. 241.

une largeur :

$$\Delta_1 \mathcal{L} \frac{\delta_1 \sin^2\alpha}{\sin^2(2\varphi - \alpha)};$$

une extension $\delta_2$ normalement à l'axe donne une largeur :

$$\Delta_2 \mathcal{L} = \delta_2 \frac{\sin 2(2\varphi - \alpha) + \sin 2\alpha}{2 \sin^2(2\varphi - \alpha)}.$$

Le gain d'intensité réalisé par cette méthode permet de faire des déterminations précises de constantes cristallines avec des temps de pose très courts par rapport à ceux exigés par la technique classique.

Pour tirer le maximum de rendement de cette méthode il serait avantageux de la coupler avec des tubes à rayons X, à anticathodes coniques ou cylindriques, facilement réalisables, et qui donneraient directement des faisceaux coniques et cylindriques creux primaires.

II. *Méthode générale de focalisation dans la spectrographie des rayons X et* $\gamma$. — On peut établir une méthode spectrographique d'un emploi étendu à l'aide d'une lame cristalline incurvée suivant un cône de révolution et d'une fente circulaire centrée sur l'axe de révolution et normale à cet axe. A partir d'une source large, on obtient sur l'axe du système un point de concentration pour chaque groupe de rayons diffusés monochromatiques. La fente peut être placée sur le trajet des rayons incidents ou des rayons diffusés ou être accolée contre la surface cristalline. Les réflexions sélectives se produisent soit sur la face interne, soit sur la face externe de la lame courbée. Il n'est pas interdit d'approcher la source tout près du cristal, même pour de petits angles de Bragg, contrairement aux exigences de la méthode de Gouy. Suivant les angles de Bragg à étudier, on placera la source d'un côté ou de l'autre du cristal par rapport au sommet du cône. L'angle au sommet du cône doit être choisi suivant le domaine spectral à étudier. Ainsi, l'analyse des rayonnements très pénétrants peut se faire sans que la source et les points de focalisation soient rejetés à de trop grandes distances du cristal, comme cela se produit très vite dans la méthode du cylindre de Gouy. Cette possibilité et l'emploi avantageux des sources étendues faciliteraient l'étude des rayonnements $\gamma$. Sur une plaque photographique passant par l'axe les figures spectrales affectent une forme semblable à celle que j'ai calculée pour le cas d'une préparation cristalline circulaire (*loc. cit.*). Un compteur de quanta ou une chambre d'ionisation se déplaçant sur l'axe conviennent bien à l'analyse du rayonnement.

Les premiers essais pratiques montrent que les spectres obtenus sont

intenses et la technique assez simple pour justifier la réalisation plus complète de cette méthode. Comme la réflexion se fait sur une face de clivage de la lame cristalline, on peut employer des cristaux courbés élastiquement ou plastiquement. Les déformations du réseau tendent d'ailleurs à affiner les zones de concentration, dans le cas pratique où le cristal n'est pas infiniment mince.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement du point azéotropique de l'azéotrope ternaire* ($C^6H^6$, $C^2H^5.OH$, $H^2O$) *en fonction de la pression.* Note (¹) de MM. **W. Swietoslawski** et **B. Karpinski**, transmise par M. G. Urbain.

Les auteurs ont construit, en métal, un appareil de distillation sous pression, pouvant supporter jusqu'à $25^{atm}$, d'après le modèle des appareils de distillation en verre de W. Swietoslawski. La technique des mesures comparatives était analogue à celle mise au point antérieurement par W. Swietoslawski et ses collaborateurs. On mesurait donc en même temps la température d'ébullition de l'azéotrope et de l'éthanol, comme substance étalon secondaire. Les analyses ont été faites à l'aide des tables de données réfractométriques et de densité établies par Barbaudy.

Dans le tableau ci-dessous nous donnons les pressions $p$, les températures d'ébullition de l'éthanol $t_{Et}$ et de l'azéotrope $t_{Az}$, ainsi que la composition des azéotropes centésimale.

| $p$ atm. | $t_{Et}$. | $t_{Az}$. | $t_{Et}-t_{Az}$. | % $C^6H^6$. | % $C^2H^5OH$. | % $H^2O$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,00 | 78,32 | 64,85 | 13,47 | 74,1 | 18,5 | 7,4 |
| 3,41 | 112,72 | 101,06 | 11,66 | 68,1 | 22,4 | 9,4 |
| 6,13 | 132,54 | 122,08 | 10,46 | 63,7 | 24,9 | 11,4 |
| 9,69 | 150,17 | 140,95 | 9,22 | 61,5 | 25,6 | 12,9 |
| 10,29 | 152,44 | 143,27 | 9,17 | 61,5 | 25,5 | 13,0 |
| 19,02 | 178,95 | 171,35 | 7,60 | 60,0 | 24,4 | 15,6 |
| 19,12 | 179,20 | 171,85 | 7,35 | 60,3 | 24,5 | 15,2 |

Ces données montrent qu'avec la pression croissante le point azéotropique se déplace de manière que la teneur en eau augmente graduellement de 7,4 à 15,4 pour 100, la teneur en benzène diminue dans les limites de 74,1 à 60,15 pour 100. En ce qui concerne l'éthanol, sa teneur croît au début, passe par un maximum sous une pression de $10^{atm}$ environ, puis

(¹) Séance du 28 mai 1934.

décroît très lentement. Entre $6^{atm},13$ et $19^{atm},12$ les différences de teneur en éthanol ne dépassent pas 0,7 pour 100. La teneur en éthanol la plus élevée est de 25,6 pour 100.

Vu les difficultés liées à l'exécution de cette expérience et à la détermination précise de la composition de l'azéotrope, il serait souhaitable de vérifier l'allure de la courbe de déplacement du point azéotropique en fonction de la pression soit sur le même exemple, soit sur un autre du même caractère.

Sur un diagramme tous les points azéotropiques sont situés à l'intérieur de triangles formés par les droites reliant les points correspondants des azéotropes binaires : l'hétéroazéotrope ($C^6H^6$, $H^2O$) et les homoazéotropes ($C^2H^5OH$, $H^2O$) et ($C^6H^6$, $C^2H^5OH$).

Pour vérifier cette constatation dans le cas de pressions plus élevées, nous avons déterminé les déplacements en fonction de la pression des points des azéotropes binaires ci-dessus. Les élévations des points d'ébullition de l'éthanol et des azéotropes montrent que les coefficients $(dt/dp)_{Et}$ sont légèrement inférieurs à $(dt/dp)_{Az}$. Ainsi l'augmentation de la pression de $18^{atm}$ élève le point d'ébullition de l'éthanol de 100°,88 alors que l'élévation $\Delta t_{Az}$ de la température d'ébullition de l'azéotrope est de 107°,00. Par conséquent, l'abaissement azéotropique $t_{Et} - t_{Az}$ diminue en passant de 13°,47 à 7°,35.

Les valeurs trouvées pour les pressions jusqu'à $6^{atm}$ concordent, en ce qui concerne la teneur en eau, avec les données de Keussler. Par contre, pour les pressions plus élevées, nos résultats s'écartent de ceux de cet auteur.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des solutions aqueuses de sulfate cuivrique sur l'oxyde cuivrique.* Note [1] de M. **O. Binder**, présentée par M. G. Urbain.

Les solutions aqueuses de sulfate cuivrique réagissent lentement, à la température ordinaire, sur l'oxyde cuivrique en donnant un sulfate basique, qui a fait l'objet des mêmes controverses que celui qu'on obtient avec l'hydroxyde cuivrique [2].

---

(1) Séance du 11 juin 1934.

(2) O. Binder, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 653.

En particulier Fowles [1] a annoncé que le sel basique ($SO^3$, $4CuO$, $3H^2O$) qui prend naissance par l'action des solutions aqueuses de sulfate cuivrique sur l'oxyde noir de cuivre CuO diffère de celui ($SO^3$, $3CuO$, $2H^2O$) qu'on prépare à l'aide de l'hydroxyde bleu de cuivre $Cu(OH)^2$, et que l'emploi de l'oxyde brun de cuivre $3CuO$, $Cu(OH)^2$ donne un mélange ($SO^3$, 3,5 CuO, 2,5 $H^2O$) de ces deux sulfates basiques.

Les recherches suivantes m'ont permis de constater que l'analyse élémentaire, le spectre de diffraction de rayons X et la susceptibilité magnétique sont les mêmes pour le sulfate basique $SO^3$, $4CuO$, $4H^2O$ préparé à partir de l'oxyde noir ou de l'hydroxyde bleu de cuivre.

Par l'action de solutions aqueuses de sulfate cuivrique sur l'oxyde brun de cuivre, il se forme encore le même sulfate basique, ce qui est en accord avec les travaux de MM. Champetier et Thuau [2] qui, par l'étude aux rayons X des produits provenant d'une deshydratation progressive de l'hydroxyde cuivrique n'ont pas pu révéler d'autres combinaisons définies que l'oxyde anhydre CuO et l'hydroxyde $Cu(OH)^2$.

Le sulfate basique $SO^3$, $4CuO$, $4H^2O$ est paramagnétique : susceptibilité spécifique $\chi = 11,5 \times 10^{-6}$ à 17°. Le calcul de la susceptibilité moléculaire montre une fois de plus l'existence propre de ce sulfate basique. Il ne peut s'agir d'un mélange équimoléculaire des constituants.

Mailhe [3] a indiqué, en outre, que l'action des solutions aqueuses de sulfate cuivrique sur l'oxyde vert de nickel NiO, l'hydroxyde $Ni(OH)^2$ ou le carbonate de nickel $CO^3Ni$ ne donne pas un sel basique mixte, mais bien encore le sulfate basique précédent. Il m'a été possible de confirmer, à l'aide des spectres de diffraction de rayons X et des mesures de susceptibilités magnétiques, qu'il en était bien ainsi. Il est d'ailleurs à noter que les sels de nickel se transforment dans la réaction précédente en sulfate soluble et que le sel basique de cuivre ne retient pas une quantité de nickel décelable au réactif de Tschugayeff ou à la balance magnétique.

L'étude microphotométrique des spectres de diffraction de rayons X du sel basique $SO^3$, $4CuO$, $4H^2O$, obtenu par les différentes méthodes précédentes (action des solutions aqueuses de sulfate cuivrique sur les oxydes noir et brun, hydroxyde bleu de cuivre, oxyde vert, hydroxyde ou carbonate de nickel), montre en outre que les intensités relatives des raies de

---

(1) *J. Chem. Soc. London*, 1926, p. 1845.
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 93.
(3) *Ann. Chim. Phys.*, 27, 1902, p. 362.

diffraction sont les mêmes pour toutes les préparations. Les quelques raies communes à l'hydroxyde cuivrique et au sulfate basique de cuivre qui avaient été observées précédemment dans la préparation de sulfate basique à partir de l'hydroxyde cuivrique ne doivent pas être attribuées à la présence d'une petite quantité d'hydroxyde non transformé, mais à des équidistances égales de certains plans réticulaires des réseaux des deux composés. D'ailleurs les rapports d'intensité des raies communes sont très différents pour l'hydroxyde cuivrique et le sulfate basique de cuivre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hydratation de l'anhydride phosphorique.* Note (1) de MM. **A. Travers** et **Yu Kwong Chu**, présentée par M. Urbain.

L'hydratation de l'anhydride phosphorique a été étudiée par un assez grand nombre d'auteurs; malgré cela, les contradictions sur la nature du produit obtenu n'ont pas encore été complètement élucidées. Sabatier, Balareff (2) ont affirmé que l'hydratation de l'acide méta, d'abord formé, conduisait directement à $PO^4H^3$. Giran, Holt et Meyers (3) ont prétendu au contraire qu'on obtenait d'abord exclusivement $P^2O^7H^4$.

Parmi les travaux les plus récents nous citerons ceux de Mme Rechid (4), qui a remarqué que « l'anhydride phosphorique ordinaire (toujours complexe) lui a donné *parfois*, quand le taux d'insoluble gélatineux était faible, une solution aqueuse où dominait l'acide dimétaphosphorique ».

Nous avons indiqué (5) un nouveau mode de préparation de cet acide, qui ne coagule pas l'albumine, et confirmé que, par hydratation, il donne d'abord uniquement l'acide pyrophosphorique, stable en solution (en l'absence d'autres acides minéraux) tant que la température reste inférieure à 66°.

Nous rappellerons d'abord que l'anhydride phosphorique du commerce, même dit pur, est un mélange de plusieurs variétés, et qu'il renferme presque toujours de l'anhydride phosphoreux (6), reconnaissable à sa réac-

---

(1) Séance du 11 juin 1934.

(2) Sabatier, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **1**, 1889, p. 702; Balareff, *Z. anorg. Chem.*, **68**, 1910, p. 269; **72**, 1911, p. 85; Giran, *Ann. Chim.*, 7e série, **30**, 1903, p. 203.

(3) Holt et Meyers, *J. Chem. Soc.*, **99**, 1911, p. 384.

(4) Mme Rechid, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 860.

(5) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2100.

(6) Thorpe et Tutton, *Chem. News*, **61**, 1890, p. 212.

tion sur l'iode *en milieu bicarbonaté* ($CO^3HNa$ en excès), à la précipitation du calomel à partir de $Cl^2Hg$, etc.; $P^2O^3$, plus volatil ([1]), (tens. de vapeur à 70° : $37^{mm}$ 5 Hg) peut d'ailleurs être séparé par chauffage à 70° dans le vide.

Il est logique que l'hydratation de $P^2O^5$ pur donne d'abord $P^2O^6H^2$, et la formation de ce corps, observée « parfois » par Mme Rechid, devrait être au contraire normale.

En fait, en hydratant par petites portions $P^2O^5$, de diverses origines, dans de l'eau glacée, et en refroidissant la capsule d'argent où l'on effectuait la réaction par une saumure, nous n'avons jamais pu mettre en évidence la présence d'acide dimétaphosphorique ([2]). Or, même en prenant les précautions précédentes, on constate toujours un *échauffement local* avec vaporisation d'eau. Nous avons pensé que cet échauffement était peut-être la raison de la polymérisation de $P^2O^6H^2$, *d'abord formé*.

Pour vérifier notre hypothèse, nous avons essayé de supprimer tout échauffement local, et cela par plusieurs méthodes, nous en citerons deux :

1° L'anhydride phosphorique pur est ajouté par petites portions dans de l'éther saturé d'eau, dans lequel on fait passer un courant d'air. Par suite du froid produit, et de la dilution de l'eau (2 pour 100), on peut espérer diminuer l'échauffement local.

L'acide obtenu après élimination de l'éther et addition d'eau, renferme encore la variété d'acide métaphosphorique coagulant l'albumine. Cependant, il contient également de l'acide dimétaphosphorique : en effet, après chauffage de quelques minutes vers 70°, on peut vérifier qu'on a de l'acide pyrophosphorique à côté d'acide orthophosphorique, et de l'acide méta fortement polymérisé, non encore hydraté; pour caractériser l'acide pyrophosphorique, nous utilisons la méthode de séparation que nous avons décrite dans un autre recueil ([3]). D'ailleurs, dans la solution initiale froide, on peut précipiter comme nous l'indiquerons plus loin, le dimétaphosphate de plomb *cristallisé*, et passer de là à l'acide correspondant, ne coagulant pas l'albumine.

2° On peut verser l'anhydride phosphorique dans une solution de $PO^4H^3$ pur à 100 pour 100 dans l'éther anhydre; on agite en faisant un vide partiel.

---

([1]) HAUTEFEUILLE et PERREY, *Comptes rendus*, 99, 1884, p. 33.

([2]) Nous montrons plus loin comment on peut l'isoler sous forme de son sel de plomb.

([3]) A. TRAVERS et CHU, *Helv. Chim. Acta*, 16, 1933, p. 913.

Il se forme deux couches : la couche pauvre en éther renferme un mélange d'acides métaphosphoriques; en particulier, si après avoir éliminé l'éther, on ajoute de l'eau, on peut reconnaître la présence, déjà à froid, de l'acide pyrophosphorique, qui a pour origine l'acide dimétaphosphorique. D'ailleurs de la solution des phosphates, neutralisée à la phtaléine, on peut précipiter le dimétaphosphate de plomb caractéristique.

Ces expériences montrent que : soit par hydratation de $P^2O^5$ pur, en évitant le plus possible tout échauffement local, soit par déshydratation de $PO^4H^3$ pur au moyen de $P^2O^5$, on obtient dans les deux cas un mélange de *deux* variétés d'acide métaphosphorique : l'acide dimétaphosphorique ne coagulant pas l'albumine, et s'hydratant en donnant l'acide pyrophosphorique; l'acide plus polymérisé coagulant l'albumine, et s'hydratant en donnant directement l'acide orthophosphorique.

Nous avons cherché à séparer ces deux variétés, et y sommes parvenus seulement de façon approximative.

Nous avons constaté que le métaphosphate de soude, obtenu par neutralisation à la phtaléine du produit de réaction de $P^2O^5$ sur l'eau glacée, — sans autres précautions spéciales — précipitait intégralement, et immédiatement après un excès de nitrate de plomb, sous forme d'un sel *amorphe*. Nous avons vérifié également que l'orthophosphate et le pyrophosphate étaient entièrement précipités, en présence de soude ($pH = 10$).

Le dimétaphosphate de plomb, *cristallisé*, caractéristique, ne précipite au contraire dans ces conditions, que très lentement, *quand le milieu est suffisamment dilué* (concentration : 1 g/litre).

Le métaphosphate de plomb amorphe entraîne malheureusement par adsorption une fraction du dimétaphosphate : la méthode de séparation ne paraît pas pouvoir être quantitative.

Ainsi l'absence, en général, de l'acide dimétaphosphorique dans les produits de l'hydratation de $P^2O^5$ pur, sans précautions spéciales, provient, à notre avis, de l'échauffement local, qui entraîne une polymérisation de l'acide $P^2O^6H^2$ d'abord formé.

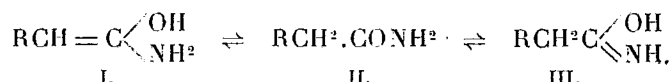
Comme la production d'acide pyrophosphorique est la conséquence de l'hydratation de $P^2O^6H^2$, on s'explique que l'acide pyro n'apparaisse pas en général dans les produits d'hydratation progressive de $P^2O^5$, conformément à la théorie de Sabatier [1].

---

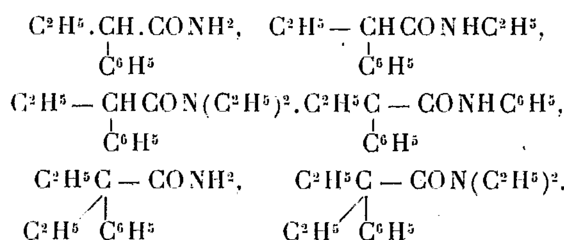
(1) SABATIER, *loc. cit.*

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude d'amides α-di- ou trisubstituées.* Note [1] de Mlle **Amagat**, présentée par M. G. Urbain.

Des mesures physiques [réfractométrie [2], viscosité [3], conductibilité [4]] ont amené divers savants à attribuer aux amides la constitution d'amides vraies, cependant des arguments d'ordre chimique [5] et des mesures d'absorption dans l'ultraviolet Hantzsch [6], puis Mme Ramart [7] pensent que ces composés se trouvent en équilibre sous la forme amide vraie (II) et iminoalcool (III); en outre, à la suite de mesures de vitesse de saponification, Mme Ramart envisage la présence d'une troisième forme aminoalcool éthylénique (I):



Nous avons abordé l'étude spectrale et chimique d'amides N-mono- ou dialcoylées, α-di- ou trisubstituées et de l'anilide correspondante :



L'examen des courbes d'absorption de la phényl-1-butanamide (courbe 1), de la N-éthylphényl-2-butanamide (courbe 2), P. F. 69°-70°; de la N-diéthylphényl-2-butanamide (courbe 3), P. F. 37°; de la phényl-2-éthyl-2-

(1) Séance du 4 juin 1934.

(2) Schmidt, *Ber. der chem. Ges.*, 36, 1903, p. 2462.

(3) Fawsitt, *Zeit. Phys. Chem.*, 48, 1905, p. 585.

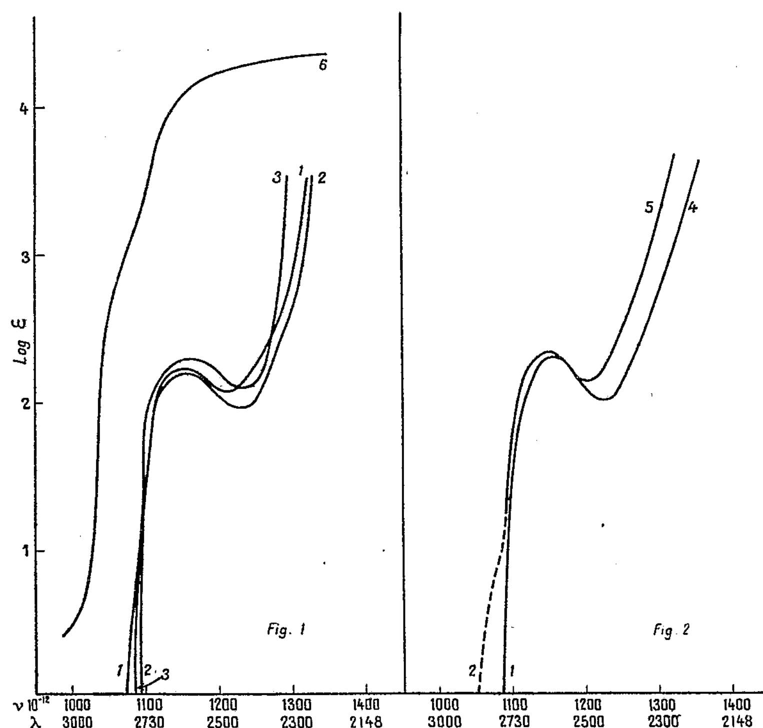
(4) Thitherley et Davidson, *J. Chem. Soc. Lond.*, 79, 1901, p. 410; Walden, *Zeit. Phys. Chem.*, 43, 1903, p. 402.

(5) Tafel et Enoch, *Ber. der chem. Ges.*, 23, 1890, p. 104; Mme Ramart, Mlle Laclôte, M. Anagnostopoulos, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 282; Mme Ramart, Nailes et Trivédi, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 158.

(6) Hantzsch, *Ber. der chem. Ges.*, 64, 1931, p. 661.

(7) Mme Ramart et Mlle Wöhl, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 120.

butanamide (courbe 4) et de l'amide N-diéthylphényl-2-butanamide, $Eb_{17} = 170^{\circ}-171^{\circ}$ (courbe 5), nous montre que l'introduction en $\alpha$ vis-à-vis du groupement fonctionnel, de substituants n'ayant pas de couleur propre dans cette région du spectre, ne modifie pas sensiblement l'absorption, la courbe d'absorption de la phényl-1-butanamide est pratiquement la même que celle de la phénylacétamide. La position de la bande d'absorption de plus faible fréquence est sensiblement la même pour toutes les amides considérées et voisine de celle du toluène, ce




qui écarte la présence d'un groupement aminoalcool éthylénique (I) dans leurs molécules. Bien que les radicaux fixés sur l'azote soient transparents, on observe une différence dans la position de la deuxième bande d'absorption que l'on peut attribuer soit à une modification de l'équilibre des deux formes amide II et iminoalcool III, soit encore à l'influence des alcoyles sur la couleur de la fonction amide. Nous avons par ailleurs constaté que la N-diéthylphényl-2-butanamide ne réagit pas avec les dérivés organomagnésiens, alors que la même amide primaire fournit la cétone à côté d'une

faible proportion de nitrile ([1]). A ces différences dans l'absorption correspond une différence dans le comportement chimique; les substituants à l'azote paralysent l'activité du groupement carbonyle.

La N-phénylphényl-2-butanamide ou phényléthylacétanilide (courbe 6) montre un spectre d'absorption nettement différent de l'amide correspondante N-alcoylée, ce qui est dû à la présence du chromophore $C^6H^5$ à laquelle s'ajoute l'influence mutuelle qu'exercent les chromophores présents. On sait d'ailleurs que les amides N-alcoylées et les anilides se comportent différemment vis-à-vis de certains réactifs. Traitées par le pentachlorure de phosphore les amides N-alcoylées conduisent à des amidines se transformant en glyoxalines ([2]) alors que les anilides fournissent des dérivées de la quinoléïne ([3]). Le réactif de Grignard donne avec les premières des bases à côtés de cétones ([4]), avec les anilides, des aniles ([4]). Les amides substituées à l'azote n'avaient pas encore été signalées, nous les avons préparées en faisant agir le chlorure de l'acide correspondant sur la mono- ou diéthylamine anhydre, ou sur l'aniline en milieu éthéré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du bromure de magnésium phényle sur l'aldéhyde dibenzoylglycérique lévogyre. Obtention du dibenzoylphénylglycérol-α lévogyre.* Note de M. **M. Tiffeneau** et M^lle **I. Neuberg**, présentée par M. A. Béhal.

Dans une série de recherches entreprises depuis 1924 par l'un de nous en collaboration avec Jeanne Lévy, il a été constaté que, dans l'action des dérivés organomagnésiens sur les composés cétoniques possédant un carbone asymétrique au voisinage immédiat du groupement CO, la formation d'une fonction alcool tertiaire avec création d'un nouveau carbone asymétrique s'effectue dissymétriquement : l'on n'obtient en effet qu'un seul des deux diastéréoisomères possibles, l'autre diastéréoisomère pouvant lui-même être obtenu d'une manière exclusive en intervertissant l'ordre d'introduc-

([1]) M^lle Lévy, M. Jullien, *Bull. Soc. chim.*, 4^e série, 45, 1929, p. 943.

([2]) Heymons, *Ber. der chem. Ges.*, 65, 1932, p. 322.

([3]) Von Braun et Heymons, *Ber. der chem. Ges.*, 63, 1930, p. 3191; 64, 1931, p. 227.

([4]) M^lle Montagne, *Ann. Chim.*, 13, 1930, p. 48; *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1167.

tion des deux substituants fixés sur la fonction alcool tertiaire. Ces réactions ont pu être appliquées non seulement à la préparation de nombreux glycols diastéréoisomères ([1]), mais encore à l'obtention d'aminoalcools ([2]) ou même d'alcools tertiaires ([3]).

Des recherches toutes récentes ont montré que dans l'action des organomagnésiens sur les aldéhydes possédant également un carbone asymétrique au voisinage du groupement fonctionnel aldéhydique CHO, l'action des organomagnésiens conduit également à un seul diastéréoisomère. Quant à l'autre diastéréoisomère, on peut l'obtenir par hydrogénation de la cétone correspondante au moyen de certains réactifs hydrogénants ([4]).

Il était intéressant d'appliquer cette méthode à des aldéhydes à fonction complexe notamment dans le groupe des sucres, d'autant plus que dans les réactions d'hydrogénation des sucres ou dans l'addition à ceux-ci de CNH, on a le plus souvent obtenu jusqu'ici non pas un seul diastéréoisomère mais un mélange des deux diastéréoisomères. Nous nous sommes donc proposé d'étudier l'action des organomagnésiens sur un sucre en $C^3$, l'aldéhyde glycérique, en recourant à un dérivé magnésien tel que $C^6H^5MgBr$ de manière à obtenir des dérivés connus et par conséquent plus facilement identifiables. En effet avec l'aldéhyde glycérique et en recourant au bromure de magnésium phényle, il doit se former l'un des deux phénylglycérols diastéréoisomères déjà décrits : l'α, fusible à 100° ([5]) et dont le tribenzoylé fond à 152°; le β, qui est liquide ([6]), mais dont le dérivé tribenzoylé décrit par Prévost et Losson fond à 116°,5.

Nos premiers essais, effectués avec l'aldéhyde glycérique cristallisé, ou avec son dérivé diacétylé préparé d'après la méthode de Fischer et Baer ([7]), se sont montrés infructueux, soit parce que l'aldéhyde cristallisé est un polymère insoluble dans l'éther ne réagissant pas avec l'organomagnésien, soit parce que l'aldéhyde glycérique diacétylé monomère réagit non seulement par son groupe aldéhydique, mais aussi plus ou moins complètement par ses groupes acétylés si bien que le phénylglycérol obtenu qui est soluble dans l'eau et insoluble dans l'éther n'a pas pu être séparé. Nous avons au contraire obtenu des résultats satisfaisants en recourant à

---

([1]) Tiffeneau et Jeanne Lévy, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1724; *Bull. Soc. chim. Fr.*, 41, 1927, p. 1351.

([2]) Tiffeneau, Jeanne Lévy et Ditz, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 57.

([3]) Tiffeneau et Jeanne Lévy, *Bull. Soc. chim. Fr.*, 45, 1929, p. 1724.

([4]) Tiffeneau, Jeanne Lévy et F. Kayser, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1407.

([5]) I. S. Neuberg, *Bioch. Zeitsch.*, 255, 1932, p. 1.

([6]) Prévost et Losson, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 659; Gimel, *Thèse de doctorat universitaire* (*Pharmacie*), Nancy, 1933.

([7]) *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 352.

l'aldéhyde glycérique dibenzoylé lévogyre, préparé d'après Brigl et Grüner ([1]) à partir de la mannite. Dans ces conditions, on obtient, comme il est décrit ci-après, le dérivé dibenzoylé du phénylglycérol-α lévogyre. Toutefois le produit ainsi obtenu est un liquide visqueux mélangé d'impuretés dont il est difficile de le débarrasser; on a pu cependant le transformer en tribenzoylphénylglycérol fusible à 147° et lévogyre. Il n'a pas été possible d'isoler dans les résidus le tribenzoate-β dont le racémique fond à 116°. Il s'ensuit que dans l'action du bromure de magnésium phényle sur l'aldéhyde *l*-dibenzoylglycérique, il ne se forme qu'un seul dérivé dibenzoylé du phénylglycérol, celui qui correspond au phénylglycérol-α.

*Mode opératoire.* — Dans une solution éthérée anhydre de dibenzoylglycéraldéhyde ($1^{mol}$) on fait tomber peu à peu une solution éthérée de bromure de magnésium phényle en s'arrêtant quand apparaît la couleur caractéristique du kétyle signalée par Gomberg et Bachmann ([2]). Après quelques heures de contact, on chauffe 30 minutes à l'ébullition, puis après avoir laissé refroidir, on filtre à la trompe et on lave une fois à l'éther sec. Le produit solide est le composé magnésien cherché, tandis que les produits accessoires sont solubles dans l'éther. On décompose comme d'habitude par un mélange de glace et de chlorure d'ammonium, puis on épuise à l'éther. L'éther est soigneusement lavé avec des solutions légèrement alcalines, puis à l'eau; on sèche et l'on évapore. Le résidu sirupeux abandonné à lui-même ne cristallise pas. Il est doué de pouvoir rotatoire lévogyre mais ne paraît pas purifiable. On le traite par le chlorure de benzoyle et la pyridine pour benzoyler sa fonction alcool libre. En épuisant à l'éther on peut isoler un produit qui se prend en masse et dont on sépare par cristallisation fractionnée le tribenzoate de phénylglycérol lévogyre fusible à 147°, $\alpha_D = -85°$. Il n'a pas été possible, par saponification de ce tribenzoylé par l'eau de baryte qui altère le produit, d'obtenir le phénylglycérol-α cristallisé.

*Conclusions.* — L'action du bromure de magnésium phényle sur l'aldéhyde dibenzoylglycérique lévogyre conduit à un seul dibenzoylphénylglycérol lévogyre qui, par benzoylation, fournit le dérivé tribenzoyl du phénylglycérol-α lévogyre.

---

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 931.
([2]) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 236.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de l'hydratation de deux phénylglycides : le phényl-3-époxy-2.3-propanol-1 et le phényl-1-époxy-2.3-propanol-1 ; formation dans chaque cas des deux phénylglycérols α et β.* Note de M^lle **M. Darmon**, présentée par M. A. Béhal.

Au cours de nos travaux antérieurs sur l'isomérisation par la chaleur des deux phénylglycides, nous avons été amenés à étudier l'hydratation de ces deux glycides en vue de rechercher si cette hydratation conduit à l'un seulement ou à un mélange des deux phénylglycérols diastéréoisomères $C^6H^5.CHOH.CHOH.CH^2OH$.

Une telle étude a déjà été effectuée par Harold Hibbert [1] en ce qui concerne l'un de ces glycides, le phényl-3-époxy-2.3-propanol-1, mais cet auteur n'a signalé la formation que d'une seule phénylglycérine, le dérivé α, fusible à 100°. On sait d'autre part que cette même phénylglycérine a été obtenue à l'état cristallisé par Irène Neuberg [2] en saponifiant le tribromhydrine de la phénylglycérine. Tout récemment MM. Prévost et Gimmel [3] l'ont également obtenue à l'état de tribenzoate mélangé du tribenzoate de son isomère β, en oxydant directement le benzoate de cinnamyle par la méthode de l'un de ces auteurs, à savoir par action de l'iode en présence du benzoate d'argent.

Les deux phénylglycides que j'ai étudiés ont été obtenus tous deux par l'oxydation perbenzoïque des alcools éthyléniques correspondants; l'un qui a été obtenu à partir de l'alcool cinnamique *trans* $C^6H^5.CH:CH.CH^2OH$ est cristallisé (F. 25°), l'autre qui a été préparé à partir de l'alcool phénylallylique $C^6H^5.CHOH.CH:CH^2$ est liquide.

Chacun de ces deux phénylglycides peut exister sous deux formes diastéréoisomères, mais si celui qui est cristallisé et qui provient d'un trans correspond probablement à l'une des deux formes, il est difficile, pour celui qui est liquide, de savoir si ces deux formes sont présentes et dans quelles proportions elles existent. Toutefois comme ce dernier provient d'un dérivé éthylénique ne présentant pas l'isomérie cis-trans, il est vraisemblable qu'il est constitué par un mélange en proportions égales de deux diastéréoisomères.

---

(1) *Canad. J. Research*, 7, 1932, p. 629.

(2) *Biochem. Zeit.*, 255, 1932, p. 1.

(3) Prévost et Losson, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 659; Gimmel, *Thèse doctorat universitaire*, Pharmacie, Nancy, 1933.

L'étude de l'hydratation de ces deux phénylglycides pouvait donc présenter un certain intérêt pour fixer leur nature, surtout si l'on admet que l'hydratation de chacun des diastéréoisomères ne conduit qu'au glycol diastéréoisomère correspondant. Dans les deux cas, et contrairement à H. Hibbert pour celui déjà étudié par cet auteur, nous avons obtenu un mélange de deux phénylglycérines α et β, mais avec prépondérance du dérivé α dans le premier cas, et proportions égales de l'α et du β dans le second. MM. Prévost et Losson qui ont étudié la formation des tribenzoates de ces phénylglycérines à partir des mêmes alcools cinnamique et phénylallylique par la méthode indiquée ci-dessus, ont obtenu comme nous un mélange des tribenzoates des deux diastéréoisomères α et β, toutefois les proportions signalées par ces auteurs sont un peu différentes des nôtres.

1° *Hydratation du phénylglycide à fonction alcool primaire* (phényl-3-époxy-2.3-propanol-1). — Le phénylglycide ($20^g$) obtenu par oxydation perbenzoïque de l'alcool cinnamique en solution chloroformique [F. 25° (1)] a été hydraté par chauffage avec $100^{cm^3}$ d'eau additionnés de 1 à 2 gouttes d'acide chlorhydrique pur. Après refroidissement on lave à l'éther et l'on concentre le soluté aqueux dans le vide jusqu'à obtention d'un liquide sirupeux ($11^g$) qu'on amorce avec le phénylglycérol α pur et qui cristallise lentement. Après plusieurs mois on essore sur une plaque poreuse et l'on obtient $9^g$ de phénylglycérol α. La partie sirupeuse ($2^g$) extraite de la plaque poreuse a été traitée par le chlorure de benzoyle et la pyridine, et le tribenzoylé obtenu est exclusivement du β. Ainsi l'hydratation du phénylglycide à fonction alcool primaire a fourni environ 80 pour 100 de phénylglycérol α et 20 pour 100 de β. Il est possible que le phénylglycide initial quoique solide renfermait les deux diastéréoisomères simultanément formés dans l'oxydation de l'alcool cinnamique.

2° *Hydratation du phénylglycide à fonction alcool secondaire* (phényl-1-époxy-2.3-propanol-1). — L'alcool phénylallylique préparé à partir du bromure de magnésium phényle et de l'acroléine selon les indications de Marcel Bouis (2) a été oxydé par une solution chloroformique d'acide perbenzoïque; on isole le phénylglycide correspondant (éb. 115° sous $5^{mm}$), $20^g$ de ce glycide ont été hydratés par chauffage avec $100^{cm^3}$ d'eau et 1 à 2 gouttes d'HCl. En opérant comme ci-dessus on obtient $13^g$ d'un produit huileux dont une partie amorcée avec le phénylglycérol-α cristallise rapidement et fournit après séparation sur plaque poreuse 50 pour 100 de dérivé α et 50 pour 100 de produit liquide. D'autre part, $11^g$ du mélange sirupeux ont été transformés en tribenzoate de l'α-stycérol et $13^g$ de l'eutectique à 78 pour 100 de β décrit par Prévost et Losson et fusible à 108°. On peut donc conclure que l'hydratation du phénylglycide à fonction alcool secondaire a fourni 50 pour 100 de chacun des deux phénylglycérols diastéréoisomères α et β et que probablement le phénylglycide initial était constitué lui-même par un mélange à parties égales de ses deux diastéréoisomères.

(1) P. Weil et M. Darmon, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 977.
(2) *Annales de Chimie*, 10e série, **9**, 1928, p. 402.

*Conclusion.* — L'hydratation des deux époxydes étudiés, l'un le phényl-3-époxy-2.3-propanol-1, dérivé de l'alcool cinnamique *trans*



$C^6H^5.CH : CH.CH^2OH$,

et l'autre le phényl-1-époxy-2.3-propanol-1, dérivé de l'alcool phénylallylique



$C^6H^5.CHOH.CH : CH^2$,

conduit, dans chaque cas, à un mélange des deux phénylglycérols diastéréoisomères, mais, dans le premier cas, en proportions inégales l'isomère α étant prépondérant (80 pour 100 environ) et, dans le second cas, en proportions sensiblement égales.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'énynols et passage de ceux-ci aux diénols.* Note de MM. **R. Lespieau** et **René Lombard**, présentée par M. Delépine.

L'un de nous a montré [1] que l'on pouvait obtenir des alcools acétyléniques vrais, avec des rendements acceptables, en faisant agir une aldéhyde sur le dérivé dimagnésien $BrMgC \equiv CMgBr$.

En particulier, il a décrit le pentènynol $CH \equiv C.CHOH.CH = CH^2$, bouillant à 128°,5-129°,5. La préparation d'une certaine quantité de ce composé nous a montré qu'en utilisant 25^g d'acroléine pour 50^g de magnésium on en obtenait environ 11^g.

Nous avons repris la même préparation en y remplaçant les 25^g d'acroléine par 30^g d'aldéhyde crotonique. Elle nous a alors donné 10^g de l'alcool $CH^3.CH = CH.CHOH.C \equiv CH$, liquide bouillant à 58°-59° sous 13^mm, et à 153° sous 769^mm. mais alors avec une légère décomposition. Ce composé a à 23°, pour densité 0,9148 et pour indice D 1,4650, ce qui implique une réfraction moléculaire 29,03 (théorie 28,96). L'analyse y a décelé pour 100 : C = 74,20 et H = 8,42 (théorie 75,00 et 8,49).

Cet alcool précipite en jaune le chlorure cuivreux ammoniacal et en blanc le nitrate d'argent. Il absorbe facilement 4^at de brome et moins aisément 6^at.

Sur les alcools précédents nous avons fixé deux atomes d'hydrogène à

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4^e série, 39, 1926, p. 991.

froid, en utilisant l'action catalytique du noir de palladium sur amidon de Bourguel, mais ayant soin cependant de nous arrêter avant que toute réaction sur le chlorure cuivreux ait disparu. A l'aide de celle-ci on enlève la faible quantité restée acétylénique, puis on distille, après dessiccation sur sulfate de cuivre anhydre.

Nous avons ainsi obtenu deux alcools biéthyléniques :

1° Le divinylcarbinol $CH^2 = CH.CHOH.CH = CH^2$, bouillant à 114°,5-116°, ayant à 19° pour densité 0,8648 et pour indice D 1,4432, d'où une réfraction moléculaire 25,76 (théorie : 25,88). L'analyse y a indiqué pour 100 : C = 70,81; H = 9,67 (théorie : 71,42 et 9,59).

2° Le vinylpropénylcarbinol $CH^3.CH = CH.CHOH.CH = CH^2$, bouillant à 52° sous 13$^{mm}$ et à 140° sous 762$^{mm}$ avec légère altération, ayant à 24° pour densité 0,8550 et pour indice D 1,4482, d'où une réfraction moléculaire 30,60 (théorie : 30,50). Analyse : C = 73,51 et H = 10,62 (théorie : 73,41 et 10,28).

Ayant poursuivi l'hydrogénation du second de ces alcools, nous sommes arrivés à l'éthylpropylcarbinol, pour lequel nous avons trouvé un point d'ébullition 134°, densité à 20° 0,820, indice D à 20° aussi 1,4167 en bon accord avec les nombres donnés par Pickard et Kenyon [1].

Les alcools non saturés que nous avons obtenus en partant de l'aldéhyde crotonique sont susceptibles d'exister sous une forme cis et sous une trans; comme l'aldéhyde crotonique ne renferme guère que la forme trans, nous pensons que ces alcools sont trans, sans exclure cependant l'hypothèse qu'ils puissent contenir de petites quantités de leur isomère cis. Nous comptons essayer de voir ce qu'il en est en examinant leurs spectres Raman.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la mobilité de l'halogène dans les α-halogéno-β-naphtols.* Note de M. **Ringeissen**, présentée par M. Delépine.

La mobilité de l'élément halogène dans les composés phénoliques est un fait bien connu dans la série benzénique; au contraire, dans les cas des naphtols, et bien qu'elle soit plus facile à mettre en évidence, elle a été peu étudiée, car les réactions sont plus complexes et s'accompagnent de phénomènes d'oxydation. C'est seulement en 1922 que A. Wahl et R. Lantz [2]

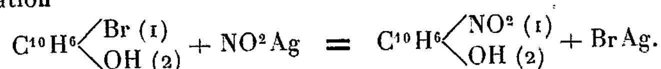
(1) *Chem. Soc.*, **103**, 1913, p. 1942.
(2) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 171.

ont établi une méthode générale de préparation d'arylamino-1-oxy-2-naphtalènes, qui consiste à faire réagir les amines primaires ou leurs dérivés sur le chloro ou bromo-1-oxy-2-naphtalène (α-halogéno β-naphtols).

Ainsi le voisinage de la fonction phénolique communique dans ce cas, à l'élément halogène, une réactivité analogue à celle qu'il possède dans certains composés aromatiques, ou bien quand il est fixé sur une chaîne aliphatique. Il était intéressant de généraliser cette réaction et, sur les conseils de M. A. Wahl, j'en ai poursuivi l'étude et obtenu les résultats suivants :

J'ai tout d'abord examiné la réaction du nitrite d'argent sur l'α-chloro et l'α-bromo-β-naphtol; dans la série aliphatique la réaction des carbures halogénés constitue la synthèse classique des nitroparaffines (V. Meyer). Quand on met en contact le nitrite d'argent sec avec une solution de chloro-1 ou bromo-1-oxy-2-naphtalène dans un dissolvant organique, on constate une réaction déjà à froid, mais plus rapide à chaud; le nitrite est transformé en chlorure ou en bromure d'argent, qui est filtré, et la solution colorée peut être traitée suivant la nature du dissolvant, soit en évaporant celui-ci, soit en extrayant les produits formés par des réactifs appropriés. Il est d'ailleurs difficile d'isoler des produits cristallisés, par suite de leur transformation progressive en produits colorés et amorphes. Cependant, en opérant au sein de l'éther anhydre, j'ai pu isoler un corps cristallisé; le résidu de l'évaporation de l'éther est repris par un excès de soude à 25 pour 100 qui dissout l'halogénonaphtol restant, tandis qu'il se précipite lentement un sel jaune cristallisé qui est séparé par décantation, puis filtré et exprimé. Par dissolution dans l'acide acétique très étendu et chaud, on obtient par refroidissement des aiguilles jaunes fondant à 103°, dont l'analyse conduit à la formule $C^{10}H^7O^3N$.

*Analyse.* — Trouvé pour 100 : C = 63,5; H = 3,98; N = 7,15. Calculé pour 100 : C = 63,49; H = 3,71; N = 7,41. Il s'agit donc du *nitro-1-oxy-2-naphtalène* formé suivant l'équation



$$C^{10}H^6\begin{cases}Br\ (1)\\ OH\ (2)\end{cases} + NO^2Ag = C^{10}H^6\begin{cases}NO^2\ (1)\\ OH\ (2)\end{cases} + BrAg.$$

Toutefois le rendement est faible et il ne pourrait s'agir d'une méthode de préparation.

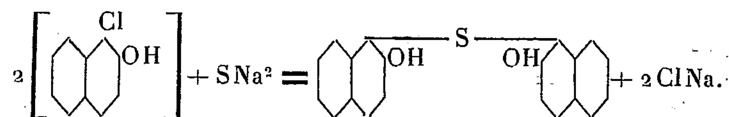
J'ai trouvé, au contraire, que la réaction des sulfures alcalins sur les α-chloro et α-bromo-β-naphtols présente les caractères d'une très grande netteté. Quand on introduit du bromonaphtol solide dans une solution aqueuse de $SNa^2$ chauffée et agitée, il se dissout progressivement et fait

place à une précipitation de cristaux blancs en même temps qu'on peut déceler dans la solution du brome ionisé. Comme le dérivé chloré réagit de même tout en étant plus facile à préparer, la réaction du sulfure de sodium a surtout été étudiée sur lui et, après plusieurs séries d'essais, on a retenu les conditions les plus favorables suivantes : dans un grand ballon trois tubulures, muni d'un agitateur, on dissout $1^{mol}$ de sulfure de sodium cristallisé ($SNa^2$, $9H^2O$) exactement titré, dans $3^l$ d'eau, puis introduit $2^{mol}$ de chloro-1-oxy-2-naphtalène, on chasse l'air de l'appareil par un courant d'azote, chauffe à 80° en agitant vivement, puis étend avec $3^l$ d'eau. On suit la marche de la réaction, en dosant fréquemment le chlore entré en solution, ce qui permet d'établir un graphique de la transformation; après environ 4 heures elle a atteint sensiblement 100 pour 100. La bouillie cristallisée est refroidie, acidifiée très légèrement, le solide essoré, lavé et séché; le produit est purifié en le lavant avec de la benzine qui dissout un corps jaune en petite quantité et le résidu blanc est cristallisé dans l'acide acétique; on obtient des aiguilles blanches dont la composition est représentée par la formule $C^{20}H^{14}O^2S$.

*Analyse.* — Trouvé pour 100 : C = 75,11; H = 4,51; S = 10,04. Calculé pour 100 : C = 75,47; H = 4,41; S = 10,0.

Cette composition, ainsi que le P. F. 226° (corr.) et les réactions colorées caractéristiques, indiquent qu'il s'agit du *dioxy*-2.2'-*dinaphtyle sulfure*-1, qui a déjà été préparé au départ du β-naphtol par l'action du chlorure de soufre (¹) ou l'action du soufre et de l'oxyde de plomb (²).

La réaction décrite qui fournit un rendement sensiblement théorique (97,5 pour 100) est représentée par l'équation




La solution benzénique jaune laisse, par évaporation, un résidu qui, dissous dans le toluène, se dépose par refroidissement en aiguilles jaunes F = 172° (corr.) auxquelles l'analyse assigne la formule $C^{20}H^{14}O^2S^2$ d'un *dioxy*-2.2'-*dinaphtyle disulfure*-1-1'.

(¹) TASSINARI, *Gazzetta chim. ital.*, 17, 1887, p. 94.
(²) ONUFROWICZ, *Ber. der deutsch. Chem. Ges.*, 21, 1888, p. 3559.

*Analyse.* — Trouvé pour 100 : C = 68,98; H = 4,35; S = 18,04. Calculé pour 100 : C = 68,57; H = 4,0; S = 18,28.

Ce disulfure est d'ailleurs déjà connu.

La formation presque intégrale du monosulfure de dioxydinaphtyle, par l'action du sulfure alcalin en milieu aqueux sur l'α-chloro-β-naphtol, est assez inattendue. A. Wahl et R. Lantz (*loc. cit.*) ont montré en effet que, dans ces conditions, le sulfite de sodium réagit uniquement comme réducteur, en régénérant le β-naphtol. Il est singulier que le sulfure de sodium, qui est un réducteur plus énergique, se comporte tout autrement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques éthers monoalcoxylés du glycol, à poids moléculaire élevé.* Note de MM. **L. Palfray** et **M. Rotbart**, présentée par M. M. Delépine.

Les dérivés monoalcoxylés du glycol sont, à notre connaissance, peu nombreux. Palomaa [1] a décrit les dérivés méthylé, éthylé, propylé et allylé, obtenus par action des iodures d'alcoyles correspondants sur le dérivé incomplètement iodé du glycol. Il a également décrit les monoéthers méthylé, éthylé et propylé du diméthyl-2-glycol, qu'il obtenait par action de $IMgCH^3$ sur le méthoxyacétate d'éthyle [2]. D'autre part, Blaise et Picard [3] ont obtenu, en petite quantité, l'éther isobutylique de l'éthylglycol : $C^4H^9-O-CH^2-CHOH-C^2H^5$ en réduisant par Na et l'alcool absolu l'isobutyloxy-butanone-2. Tous ces éthers sont de poids moléculaire relativement bas.

En possession des α-alcoxy-aldéhydes déjà décrits par nous [4], nous nous sommes proposé de préparer les alcools correspondants qui sont ainsi de véritables dérivés du glycol, du type $R-O-CH^2-CHOH-R'$, où R sera un reste lourd, aliphatique, arylaliphatique ou cyclanique, et R′ sera un reste quelconque.

Nous avons donc pris comme point de départ les aldéhydes α-alcoxylés

(1) *Ber. d. Chem. Ges.*, **35**, 1902, p. 3308; **42**, 1909, p. 3874.

(2) Palomaa, *Chem. Zentralblatt*, **1**, 1918, p. 1144.

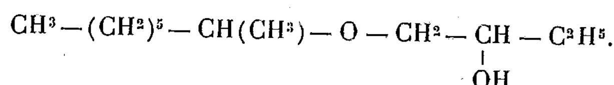
(3) *Ann. Chim.*, 8e série, **26**, 1912, p. 267.

(4) L. Palfray, S. Sabetay et M. Rotbart, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1508; M. Rotbart, *Ibid.*, p. 2013; **197**, 1934, p. 1225. Remarquons ici que dans les Notes ci-dessus il faut partout substituer *α-oxyacétals* à β-oxyacétals, etc.

décrits dans une Note précédente. En les condensant avec un halogénure d'alcoylmagnésium nous avons facilement obtenu l'alcool secondaire correspondant. A partir de l'alcool nous avons préparé des éthers-sels, spécialement l'acétate, en vue de suivre les variations des propriétés physiques et spécialement de l'odeur en fonction de la nature du reste alcoxylé, ce qui nous a conduits à étudier un représentant de chacun des types : aliphatique, arylaliphatique et cyclanique. Le passage de l'alcool au dérivé acétylé s'est fait très simplement au moyen de l'anhydride acétique, en présence de $CH^3COONa$ fondu comme catalyseur.

Les rendements sont excellents. Ils sont d'environ 60 pour 100 dans le passage de l'aldéhyde à l'alcool, et sensiblement quantitatifs dans la préparation de l'acétate.

*Méthyl-1-heptoxy-1-butanol-2*




Nous sommes partis de l'alcool octylique secondaire (octanol-2) dont nous avons fait le dérivé sodé, pour le condenser avec le bromacétal, comme nous l'avons décrit précédemment. Par hydrolyse de l'acétal on obtient l'aldéhyde que nous avons alors traité par l'iodure d'éthylmagnésium. Après traitement ordinaire on isole l'alcool ($E_{20} = 125 - 126°$; $d_4^{17,5} = 0,8697$; $n_D^{17,5} = 1,4358$; d'où $R_D$ : tr. 60,70; calc. pour $C^{12}H^{26}O^2$, 60,70).

L'acétate présente les constantes : $E_{22} = 129 - 131°$; $d_4^{24} = 0,8878$; $n_D^{24} = 1,4260$; d'où $R_D$ : tr. 70,42; calc. pour $C^{14}H^{28}O^3$, 70,71. L'analyse de l'acétate a été faite par voie de saponification. I. S. : tr. 232; calc. 229,2.

*Phénylméthoxy-1-(benzyloxy)-butanol-2*




— Le benzyloxy-acétal a été traité comme le précédent et nous a conduits à l'alcool secondaire correspondant, dont les constantes sont : $E_{15} = 141$-$144°$; $d_4^{20} = 1,1020$; $n_D^{20} = 1,5566$; d'où $R_D$ : tr. 52,55; calc. 52,56.

Celles de son acétate sont : $E_{20} = 157$-$159°$; $d_4^{24} = 1,0341$; $n_D^{24} = 1,4900$; d'où $R_D$ : tr. 62,07; calc. 62,49. Par saponification on a I. S. : tr. 250; calc. 252.

*Cyclohexoxy-1-butanol-2* $C^6H^{11} - O - CH^2 - CHOH - C^2H^5$. — A partir du cyclohexanol sodé on obtient de la même façon le dérivé cyclohexoxylé : $E_{22} = 116$-$118°$; $d_4^{24} = 0,9552$; $n_D^{24} = 1,4570$; d'où $R_D$ : tr. 49,04; calc. 49,34.

De même aussi l'acétate : $E_{22} = 123\text{-}124°$ ; $d_4^{19} = 0{,}9559$ ; $n_D^{19} = 1{,}4450$ ; d'où $R_D$ : tr. 59,58 ; calc. 59,28. La saponification donne : I. S. : tr. 264 ; calc. 261.

*Odeur et constitution.* — Les alcools α-alcoxylés ci-dessus ont une odeur qui rappelle celle de l'alcool du reste alcoxyle, mais en plus faible. Ce résultat est bien celui que l'on devait attendre, car les corps ci-dessus sont de véritables monoéthers-oxydes du glycol ou de ses homologues, et l'on sait que l'odeur du glycol ou de ses homologues est nulle ou du moins très faible. L'élément d'ordre olfactif est donc surtout apporté par l'alcoxyle.

Les acétates ont une odeur beaucoup plus prononcée. Celui qui correspond à l'octanol secondaire est fruité, assez fort et très tenace, ceux qui correspondent au cyclohexanol et à l'alcool benzylique sont tenaces, également fruités, mais moins forts que le précédent.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur des mortiers aqueux obtenus avec des liants organiques.* Note de M. E. **Berger**, transmise par M. G. Charpy.

Suivant une terminologie usuelle, nous appellerons mortiers les mélanges pâteux qui, par prise, donnent naissance à des agrégats résistants.

Prenons un sable quelconque ; mouillons avec de l'eau jusqu'à consistance de mortier épais ; versons ensuite du goudron et remuons. Nous constatons une division du goudron en fines gouttelettes qui se répartissent dans le milieu aqueux ; on obtient ainsi rapidement un mortier de couleur grise uniforme.

Pour réussir l'expérience il faut : 1° une quantité d'eau minimum A ; 2° ne pas dépasser une certaine quantité de goudron L. Les quantités A et L dépendent surtout de la nature et des dimensions du sable, accessoirement de la nature du goudron, de l'énergie de l'agitation, de la température. La quantité L de goudron est toujours supérieure à celle qui serait nécessaire pour l'obtention d'un agrégat résistant avec le sable considéré, par mélange à sec.

Si, par exemple, nous prenons un sable calcaire 0-3$^{mm}$ contenant seulement 1 pour 100 de filler, nous pouvons diviser 25 pour 100, du poids du sable, de goudron ; tandis qu'avec un filler calcaire de grains inférieurs à 0$^{mm}$,1 on peut diviser 300 pour 100 de goudron.

Ce qui vient d'être dit pour le goudron s'applique à tous les liants insolubles dans l'eau et pouvant être amenés à l'état liquide ou visqueux, en présence d'eau. On pourra faire des mortiers aqueux avec du bitume, du

brai ou des résines en employant de l'eau chaude, et au besoin, surchauffée sous pression.

Les quantités A et L dépendent nettement de la nature de la substance organique; A est plus grand à la fin de l'incorporation qu'au début.

La finesse de la division dépend, en outre, de la puissance de l'agitation et de la fluidité du liant, augmentée elle-même par élévation de température.

Les mortiers aqueux peuvent être dilués par addition d'eau; ils paraissent, tant que leur composition reste constante, indéfiniment stables; nous en avons conservé en flacons bouchés, inaltérés depuis plusieurs mois. Le repos produit la décantation d'un peu d'eau, qui se réincorpore facilement par agitation; la centrifugation (une demi-heure à 3000 tours) a produit une décantation beaucoup plus forte, mais la réincorporation de l'eau redonne le mortier primitif.

Lorsqu'on fait perdre progressivement de l'eau à un de ces mortiers, soit par évaporation, soit par absorption sur un support poreux, soit par la pression, qui expulse uniquement de l'eau, on constate les phénomènes suivants :

1° Une première phase réversible où seule la consistance varie;

2° A partir d'un certain abaissement de la teneur en eau un phénomène de prise, dont le processus est visible au microscope, caractérisé par le fait que les globules de liant se rejoignent, emprisonnant le sable, tandis que l'eau se sépare en très grande partie. Après ce phénomène il n'est plus possible de revenir au mortier primitif : la prise est irréversible;

3° Après la prise, un film d'eau reste emprisonné entre les grains minéraux et le liant, diminuant l'adhérence; l'élimination lente de cette eau correspond à une période de durcissement de l'agrégat.

La même prise, avec séparation d'eau, se produit lorsque, à la fabrication du mortier, on cherche à dépasser la quantité L de liant.

Le phénomène décrit ci-dessus, de division par les substances minérales et l'eau, ne paraît pas avoir été, jusqu'ici, considéré dans toute sa généralité; toutefois on peut citer des observations sur des cas particuliers, par exemple : le nettoyage des mains souillées de graisse par la terre ou le sable mouillé; les émulsions aqueuses très diluées d'huile, dans certaines bouillies insecticides, obtenues à l'aide de poudres minérales (par exemple kaolin et huile d'anthracène ou pétrole); enfin une préparation de mélange goudron-bitume en milieu aqueux par l'intermédiaire de kieselguhr (Br. fr. 751956, 1933).

Les mortiers aqueux faisant l'objet de la présente Note sont évidemment susceptibles de multiples applications industrielles, en particulier dans l'industrie routière.

GÉOLOGIE. — *Le pli de Salernes (Var), son enracinement, et ses rapports avec les plis de Lorgues.* Note de M. **Albert-F. de Lapparent**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le pli de Salernes (Var), orienté WNW-ESE, et qui se développe sur une longueur de 20$^{km}$ depuis Rognette jusqu'aux abords de Lorgues, constitue, ainsi que je l'ai montré précédemment, un accident distinct du pli des Bessillons. Toute une série d'observations m'ont permis de constater qu'il se présente lui aussi comme un pli couché enraciné. Les faits principaux qui motivent cette manière de voir sont les suivants, de l'Ouest à l'Est.

1° Les calcaires marneux bajociens-bathoniens qui, au-dessus de Rognette, chevauchent vers le Nord les dolomies du Jurassique supérieur, s'enfoncent, près des Cabanons, sous ces mêmes dolomies, au Sud, à l'Ouest et au Nord-Ouest, en sorte que cette terminaison occidentale paraît bien certaine.

2° L'accident Nord-Sud situé au Sud-Ouest de Saint-Barnabé se présente sur le terrain bien plutôt comme une faille que comme un chevauchement. D'ailleurs, il ne se continue pas au Sud-Ouest, mais se termine rapidement vers le Sud-Est, où l'Hettangien, le Lias supérieur et le Bajocien inférieur réapparaissent à leur place normale. Il serait donc plus exact de l'interpréter comme un simple décrochement.

3° A l'Ouest de Saint-Barnabé, les argiles, grès et brèches calcaires du Rognacien, supportant les argiles rouges éocènes, sont ployés en charnière synclinale; les couches du flanc sud sont verticales et l'on y retrouve tous les termes du flanc nord, sauf les argiles inférieures, de telle sorte que, en ce point, le Rognacien ne s'enfonce pas loin sous l'Hettangien. Des coupes semblables peuvent être relevées au delà vers l'Ouest, et le synclinal, de plus en plus aminci dans cette direction, se termine avant la route de Rognette à Fox.

4° A Sillans, le synclinal s'est notablement élargi. Un petit lambeau de recouvrement bajocien, au Nord-Ouest du village, prouve que le chevauchement a dû atteindre ici jusqu'au flanc nord du synclinal. Le flanc sud est partout caché et n'apparaît pas dans le golfe de la route de Cotignac. D'après la direction nord-ouest des bancs rognaciens-éocènes, à Gaudran, il paraît probable que leur prolongement doit passer à peu près par La Colle.

5° Dans la coupe du défilé de la Bouissière, au-dessous de l'Éocène à pendage nord, apparaît le Rognacien, sous forme d'argiles rouges et d'une brèche à galets dolomitiques, reposant sur le Jurassique supérieur et le Bathonien. On atteint là indiscuta-

blement le flanc sud redressé du synclinal, et l'on descend dans la série jusqu'au Trias. Malgré les étirements du flanc inverse dans la Montagne du Serre, l'enracinement du pli de Salernes paraît ici certain ([1]).

6° Vers l'Est, le recouvrement, moins continu que ne l'indique la carte, est encore très vaste aux environs du château de Salgues. Dans le vallon de ce nom qui descend vers le Sud, le Rognacien et le Jurassique supérieur avec bauxite, se montrent en plusieurs fenêtres sous un vaste étalement de Rhétien horizontal. Mais plus au Sud dans ce même vallon, on peut voir les dolomies jurassiques relevées vers le Nord-Est; sous elles sortent quelques bancs verticaux de Bajocien; puis le Rhétien à *Avicula contorta* et *Cardita*, en grands bancs inclinés de 45° au Sud, chevauche largement vers le Nord et devient horizontal. A partir de Sainte-Foy, ces calcaires rhétiens se rapprochent de plus en plus de la verticale; en même temps, vers le Nord, apparaissent au-dessus d'eux les divers niveaux de la série locale, dolomies hettangiennes et calcaires bajociens, qui s'enfoncent sous les dolomies du Jurassique supérieur autochtone. Encore plus à l'Est, enfin, les pendages nord de tous ces termes s'atténuent, et l'on arrive progressivement à la série régulière en place que traverse la montée de la route de Lorgues à Salernes. Les termes argileux du Rhétien et du Keuper sont souvent plus bouleversés que les niveaux sus-jacents plus compacts, mais il ne s'agit là que de plissotements locaux, et la terminaison orientale du pli de Salernes est manifeste avant d'atteindre Lorgues.

Au Nord-Est de ce village, un nouveau pli fait chevaucher le Rhétien et le Trias vers le Nord-Est, tandis qu'en face se trouve, renversé vers le Sud-Ouest, un synclinal jurassique avec bauxite et Rognacien, lui-même chevauché du Nord-Est vers le Sud-Ouest par une série normale débutant avec le Rhétien.

Sur le versant sud-ouest du Bois de Saint-Ferréol, j'ai remarqué que les calcaires rhétiens à *Avicula contorta* et *Mytilus* qui ont chevauché vers le Nord-Est *sur* le Jurassique supérieur, ont été ensuite renversés vers le Sud-Ouest et se trouvent pincés *sous* les bancs du Jurassique supérieur à pendage nord-est. Ce fait ne serait-il pas l'indication de deux phases orogéniques successives, le pli poussé vers le Sud-Ouest étant plus récent que le chevauchement vers le Nord-Est?

Des observations personnelles effectuées dans toute la région au Nord de Lorgues m'inclinent donc à reprendre, en la complétant, l'interprétation de Zurcher ([2]) : à Lorgues, se rejoindraient d'une part des plis provençaux poussés vers le Nord ou le Nord-Est (zone de Salernes), et d'autre part des plis alpins, plus récents, poussés vers le Sud-Ouest ou l'Ouest-Sud-Ouest (zone d'Aups). Dans ces deux zones, on se trouve en présence de plis couchés, longitudinalement assez courts (10 ou 20$^{km}$ au plus). Vers leurs extrémités, ils finissent toujours par s'enraciner. Cependant, localement et très brusquement, ces plis peuvent dégénérer en véritables recouvrements,

---

([1]) Cf. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, **19**, 1891, p. 1168.

([2]) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, **19**, 1891, p. 1178.

de style très plat, avec étirement complet de certains niveaux. L'amplitude visible de tous ces recouvrements est de l'ordre de 2 à 3$^{km}$. Cette structure assez particulière, différente du régime de plis-failles imbriqués de la région de Castellane, peut jouer dans deux sens opposés, par suite de poussées qui ne sont probablement pas du même âge. Mais, en aucun cas, on ne peut raccorder suivant une ou plusieurs grandes nappes de charriage les falaises qui se regardent.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure des Chaînes provençales dans le sud des Basses-Alpes.* Note de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Charles Jacob.

En vue de compléter des études antérieures sur les faciès du Jurassique supérieur, des observations stratigraphiques, rassemblées depuis plusieurs années, dans le sud des Basses-Alpes me conduisent à modifier sensiblement les interprétations tectoniques émises par Wilfrid Kilian et moi [1], en 1915-1916 et en 1924, sur cette région.

Examinons d'abord quelques faits, d'ordre structural, aux environs immédiats de la ville de Castellane. Le Jurassique de la montagne de Destourbes et son prolongement dans l'escarpement de Notre-Dame du Roc, le Jurassique de la Montagne du Teillon, au nord-ouest de la Garde, forment deux saillies anticlinales dans des terrains crétacés autochtones. Il ne saurait être question, ici, de disposition « plongeante » du front d'une nappe venue du Sud.

Au Nord-Est, les Calcaires Blancs néojurassiques qui constituent la crête de la montagne de Destourbes s'enfoncent, avec un plongement accentué et régulier, sous le Néocomien du torrent de Destourbes et l'ensemble, sous le signal d'Eoulx, disparaît périclinalement sous le Cénomanien qui forme bordure au Sud-Est. Sur le versant sud-ouest, l'abrupt du chaînon fait apparaître les divers niveaux du flanc normal de l'anticlinal jurassique jusqu'à l'axe triasique, dont les affleurements discontinus, en chapelet, surmontent avec un léger chevauchement les couches crétacées, localement renversées, du synclinal de Rayau. Il n'y a pas de doute sur le sens du déversement : la poussée est nettement *alpine*. Mais les caractères des *faciès provençaux* s'attachent aux divers niveaux jurassiques, dont certains présentent des étirements apparents : présence de dolomies à la base des Calcaires Blancs, peu de calcaires beige kiméridgiens-séquaniens, un Argovien blanchâtre, pas de marnes

---

[1] *Comptes rendus*, 161, 1915, p. 93 et 165; *Annales Univers. Grenoble*, 28, n° 1, 1916, p. 1-12; *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1916, p. 14; *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1503; *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 27, n° 154, 1924, p. 423-434.

schisteuses oxfordiennes, un Callovien blond, marno-calcaire, qui rappelle le faciès varois oriental, du Bathonien-Bajocien clair, également marno-calcaire avec des parties dolomitisées, un Lias siliceux très laminé et discontinu, de l'Hettangien calcaréo-dolomitique, un Rhétien calcaire roux.

Sur la rive droite du Verdon, les Calcaires Blancs de Notre-Dame du Roc, prolongement du Néojurassique de Destourbes, s'enfoncent de même, régulièrement, sous le Néocomien du vallon situé à l'est du Roc. Quant à l'abrupt méridional, il montre une sorte d'affaissement brutal des couches inférieures au Portlandien, avec une zone broyée très nette dans le plan de l'accident, subvertical, et des miroirs de faille.

Derrière la montagne de Destourbes, au Nord, il ne peut être question, non plus, d'allure plongeante d'une digitation frontale, pour le chaînon qui domine la Garde. Il s'agit bien d'un anticlinal assez aigu dont la partie axiale, triasique, s'ouvre au nord immédiat du village, bordée au Sud et au Nord par les couches jurassiques, de faciès provençal toujours, très redressées et verticales même, à leur saillie hors du Crétacé sur le flanc nord (vallon de la Lagne) et sur le flanc sud au-dessus de la route de Grasse. Cette route, au sud du point coté 940, traverse une disposition périclinale du Jurassique supérieur dans le Crétacé, terminaison vers l'Ouest et *enracinement* du grand accident du Teillon dont la direction générale est W-E. Quant aux petits pointements triasiques, gypses, dolomies et cargneules très froissés, qui crèvent l'Eocrétacé entouré de Cénomanien au sud-est du ravin principal de la Garde, on peut les considérer simplement comme des lames anticlinales pincées, dans le prolongement évident du Trias axial du grand pli de l'Ouest. Ici encore, les ruptures qui affectent le flanc méridional du massif du Teillon en continuité, vers l'Est, avec la montagne de la Faye, sont dues à des mouvements alpins. Les déversements vers le Sud qui en résultent amènent des refoulements locaux du Portlandien ou de l'Eocrétacé sur le Cénomanien ou le Turonien.

Au sud de Castellane, on constate un nouvel enracinement, celui du Jurassique de la montagne de Robion dans l'Écrétacé de Louiquy. Les plongements très accentués et nettement périclinaux de cette terminaison se montrent sur la rive gauche du Verdon, en amont de Taloire, et sur le versant oriental au-dessus du torrent de Rayau. Ce Jurassique anticlinal se poursuit vers l'Ouest, au delà du Verdon, avec le Portlandien coralligène qui domine Rougon et qui s'engage, entouré de Crétacé, sous le chevauchement du Mourre de Chanier. Un *faciès provençal* caractérise toujours l'ensemble du Jurassique, et le *sens alpin* du refoulement vers le Sud de l'axe Rhétien-Keuper au-dessus de la série néo-jurassique du cañon du Verdon demeure évident.

Malgré la surélévation topographique, au-dessus du Crétacé de Chasteuil, des accidents serrés qui affectent, avec une direction W-E, la série jurassique dans le versant sud des Cadières de Brandis et jusqu'au hameau de Brans, il ne me semble pas possible d'y voir autre chose que trois replis anticlinaux, à flancs subverticaux, dans un complexe autochtone, de *faciès provençal*. La partie méridionale de ce complexe montre un Jurassique supérieur formant une remarquable gouttière synclinale érodée, rompue et étirée au Sud, mais dont les terminaisons SW et NE, en direction de Chasteuil, d'une part, de Brayals d'autre part, sont d'allure périclinale dans un Néocomien souvent subvertical au contact.

Le chaînon du Trou-de-l'Ours—Saint-Vincent, coupé par la clue de Saint-Pierre,

entre Taulanne et Senez, présente aussi, je l'ai indiqué ailleurs, des *faciès provençaux* caractéristiques dans le Jurassique inférieur. Les observations complémentaires que j'ai faites sur le Jurassique supérieur confirment ce caractère. Une fois de plus, la série forme anticlinal, ici rompu et déversé vers l'Ouest, mais les pendages observés à l'est, au sud et au sud-ouest du dôme néojurassique de Saint-Vincent montrent incontestablement son enfoncement périclinal dans l'Éocrétacé.

On sait, d'après les travaux de Zürcher, de Boussac, de W. Kilian et moi, de Guébhard, qu'une orogénie antélattorfienne ([1]) a précédé, dans la région en question, les grandes dislocations qualifiées de proprement *alpines*. Je reviendrai sur la valeur structurale et le sens général de ces mouvements antéoligocènes dans le sud des Basses-Alpes. Il est possible, dès maintenant, de les considérer comme ayant affecté des terrains jurassiques de *faciès provençal* mais autochtones.

PALÉONTOLOGIE. — *Étude paléontologique préliminaire des Fossiles recueillis par R. Lambert entre Agadez et Zinder* (*Niger*). Note de M. **D. Schneegans**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au-dessus des Grès de Tegama qui n'ont fourni jusqu'à présent que des restes indéterminables de Reptiles et une lumachelle à *Estheria* découverte par R. Lambert à l'ouest d'Agadez, vient le complexe Cénomanien-Turonien qui a fait récemment l'objet de plusieurs Communications ([2]).

Le terme le plus bas de cette série, le Cénomanien inférieur continental à *Ceratodus* (faune de Djoua et de Baharije) était déjà signalé dans le nord-est de la Nigeria à Jibaru et Kimberi, où Falconer et Langbottom ont recueilli des dents et des vertèbres de *Gigantichtys* ([3]).

En 1933 R. Lambert m'a envoyé d'excellents matériaux recueillis par M. Loubet, Administrateur commandant le cercle de Tanout, et par lui, à $4^{km}$ au sud-sud-ouest de Tanout et entre Gangara et Dan Dardo. J'ai pu reconnaître, à côté des dents de *Ceratodus africanus* Haug et de *Gigantichtys* (*Onchopristis*) *numidus* Haug, des dents de Pycnodontes, des vertèbres de *Platyspondylus Foureau* Haug, d'*Ichtyodectes*, des

---

([1]) Une confirmation des mouvements antélattorfiens vient d'être apportée, précisément pour le pic de Saint-Vincent, par M. Albert-F. de Lapparent. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1934, p. 73.

([2]) En particulier : R. Furon, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 793 et 1033; **198**, 1934, p. 1249; R. Lambert, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 489.

([3]) Falconer, *The Geology and Geography of Northern Nigeria*, 1911, p. 273.

*Ichtyodorulites* cannelés (*Cestracionidæ*) ainsi qu'un fragment de mâchoire de Crocodile. R. Furon a déjà signalé la portée paléogéographique de ces découvertes [1].

Dans les couches marines dont R. Lambert a étudié la stratigraphie détaillée, ce dernier et R. Furon ont montré qu'il se trouvait des fossiles du Cénomanien supérieur et d'autres du Turonien inférieur.

Les seuls fossiles cénomaniens trouvés par R. Lambert dans les environs de Tanout sont : *Neolobites Vibrayanus* d'Orb., *Plicatula Fourneli* Coq., *Trachycardium productum* Sow., *Liostrea Rouvillei* Coq. (si abondante dans les couches de Baharije en Égypte, d'après Stromer), *Exogyra africana* Lmk. et *E. columba* Lmk.

Mais la plus grande partie de la faune recueillie par R. Lambert aux environs de Tanout, principalement dans le gisement de Marna, dans les bancs de calcaires et des argiles gypsifères du Damergou, est d'âge turonien. Elle contient un *grand nombre d'Ammonites* en excellent état de conservation (*Acanthoceras* s. lat., *Metengonoceras*, *Coelopoceras*, *Vascoseras*, *Mortoniceras*), des Lamellibranches (*Liostrea Delettrei* Coq., *L. Ourmensis* Choff., *Exogyra olisiponensis* Sharpe, associées à de petits *Cardium*, des *Modioles* voisines de *M. pedernalis* Roemer, *Anisocardia Hermitei* Choff., des *Astartes*, dont plusieurs diffèrent peu d'*A. cantabrigiensis* Woods, plusieurs Lucines, *Lavignon Marcouti* Peron, *Cyprimeria faba* Sow., etc.) et des Gastéropodes (*Natica bulbiformis* Sow., *Voluta*? *Renauxiana* Choff. non d'Orb., *Avellana*, *Scalaria*, *Turitella*).

Parmi les Ammonites, il est une espèce de grande taille, massive, à ombilic légèrement scaphoïde, dont le dernier tour est orné de plis externes plus ou moins marqués. Par un épaississement des tours une mutation de cette espèce arrive à prendre la forme globuleuse des *Fagesia*.

A coté de ces Ammonites pour lesquelles on peut conserver le terme de *Vascoceras Cauvini* Chudeau, bien qu'elles aient avec *V.* ? *barcoicensis* Choff. une place à part dans le genre auquel on les rattache, j'ai observé un échantillon lisse, très voisin de *Vascoceras Grossouvrei* Choff. tant par son galbe que par sa ligne de suture.

Il est d'autres exemplaires rapportés par Chudeau et par R. Furon à *Vascoceras Cauvini* qui présentent un grand intérêt paléontologique. Ils diffèrent déjà à première vue des adultes de *V. Cauvini* par leur forme plus aplatie, leur ombilic plus grand et leur ligne de suture plus resserrée. Par l'étude des tours jeunes, je me suis rendu compte qu'il s'agit en réalité d'*Acanthoceras* à cinq rangées de tubercules qui perdent leur ornementation dans leur stade adulte. C'est ce qui explique que R. Lambert ait cru

---

[1] R. Furon, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1249.

pouvoir appliquer le terme de *Acanthoceras rothomagense* Defr. aux tours jeunes de ces formes recueillies isolément. J'ai séparé trois espèces parmi ce groupe, l'une d'elles correspondant à *Acanthoceras Gadeni* Chudeau. La dégénérescence de ces *Acanthoceras* au Turonien, par une perte de l'ornementation dans le stade adulte, se retrouve également au même étage dans le genre voisin *Mammites*, où elle a été observée par W. Petraschek [1] dans *Mammites binicostatus* Petr. Dans cette espèce également on voit à partir d'un diamètre de 95$^{mm}$ les tubercules des tours internes se résoudre dans des cordons allongés suivant la spire et à peine marqués. Les formes lisses dégénérées (*Vascoceras*, *Thomasites*, *Pseudotissotia*, etc.) constituent d'ailleurs un des éléments caractéristiques des faunes d'Ammonites du Turonien. Il s'agit sans doute de l'évolution sur place, dans une mer en voie de régression, de rameaux égarés des grands phyllums qui s'éteignent à partir du Cénomanien (*Acanthoceras*, *Mammites*, etc.).

BOTANIQUE. — *La notion de phyllorhize chez le Chêne-liège.* Note [2] de M^lle **F. Flous**, présentée par M. L. Mangin.

J'ai montré [3] que la radicule jeune de Chêne-liège est formée de trois parties : deux parties qui sont les prolongements des pétioles cotylédonaires et une partie centrale qui est le prolongement de l'axe terminé par le bourgeon initial. Ceci nous amène à la conception des phyllorhizes de Chauveaud.

Chaque pétiole cotylédonaire correspondrait à une phyllorhize formée d'une feuille (le cotylédon), d'une tige (toute la partie à structure superposée), et d'une racine (la partie à structure alterne). Étant donné que la séparation des deux phyllorhizes se poursuit jusque dans la région des poils absorbants et même de la coiffe, l'axe ne peut pas nous apparaître comme provenant de deux bourgeons de la phyllorhize unis, comme le voudrait Chauveaud. Il faudrait admettre que ce sont des bourgeons de racine, ce qui me paraît modifier assez profondément la conception initiale de Chauveaud.

---

(1) *Ammoniten der sächischen Kreideformation* (*Beiträge zur Pal. Geol. Oester. Ung.*, 15, 1902, p. 325).

(2) Séance du 26 mars 1934.

(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2111.

D'autre part il existe une anomalie étrange. L'appareil conducteur de l'axe se réduit progressivement au fur et à mesure que l'on s'élève au-dessus de la coiffe. Des fragments se détachent, passent à l'extérieur des fentes, et vont s'ajouter au système conducteur initial des pétioles cotylédonaires. Il y a donc passage des vaisseaux de l'axe dans les pétioles cotylédonaires et non indépendance complète de ces organes comme le voulait Chauveaud.

*Conclusion.* — Le Chêne-liège est donc un cas très particulier qui soulève des problèmes complexes au point de vue de l'évolution vasculaire. Les dispositions signalées ne sont pas des anomalies, car elles ont été observées dans tous les échantillons étudiés, qui étaient de provenances très différentes.

Je puis ajouter, comme autre particularité non encore signalée du Chêne-liège, un cas de polyembryonie observé dans un échantillon venu de Cap-Breton, dans les Landes.

Les dispositions qui viennent d'être indiquées sont spéciales au Chêne-liège. Le Chêne-vert, espèce qui paraît pourtant voisine, présente le type classique : deux phyllorhises sont individualisées dans l'axe hypocotylé; elles sont fusionnées dans la radicule. On trouve là un type analogue à celui que représente le dessin de Chauveaud [1]. La ressemblance entre le Chêne-liège et le Chêne-vert n'est donc qu'apparente, elle cache une grande différence de structure.

Dans le Chêne-liège, tout se passe comme si l'organe qui sort du gland à la germination, et qui paraît être une radicule, n'était qu'une sorte de prolongement du corps de l'embryon, essentiellement formé par les pétioles cotylédonaires entourant un axe. La radicule ne commence vraiment qu'au moment où se forme la zone pilifère. C'est à ce moment qu'apparaît la structure alterne.

On peut se demander si l'allongement des pétioles cotylédonaires et l'apparition tardive d'une véritable racine ne sont pas en relation avec des conditions biologiques spéciales, dans lesquelles le Chêne-liège se serait développé à l'origine. Remarquons en effet que le Palmier-dattier présente aussi un allongement du pétiole cotylédonaire que l'on met en rapport avec la germination dans le sable. Il n'est pas impossible que le Chêne-liège soit adapté à des conditions analogues. Le revêtement de liège du tronc est un autre argument pour imaginer une biologie ancienne différente de l'actuelle.

---

(1) G. Chauveaud, *La constitution des plantes vasculaires révélée par leur ontogénie*, 1 vol., 155 pages, Paris, 1921.

Les conditions où vit actuellement le Chêne-liège ne paraissent nécessiter ni une protection du tronc particulière, ni un type de germination spécial. Quoi qu'il en soit de la valeur de ces hypothèses, les phénomènes qui viennent d'être signalés dans le Chêne-liège revêtent un caractère très particulier.

BOTANIQUE. — *Culture du tissu cambial.* Note de M. **R.-J. Gautheret**, présentée par M. Marin Molliard.

La culture des points végétatifs a déjà fait l'objet d'un certain nombre de travaux; par contre, les recherches poursuivies jusqu'ici en vue d'obtenir le développement du tissu cambial isolé n'ont pas, à notre connaissance, été couronnées de succès. Cependant, le cambium est un tissu embryonnaire dont les cellules sont capables de se diviser comme celles des points végétatifs. Au cours de ses recherches cytologiques sur le cambium, Bailey a observé que les cellules de ce tissu possédaient une faculté de survie considérable. Ce savant put conserver en vie pendant plus de deux mois des fragments de cambium, mais il n'observa aucun développement du tissu cambial isolé. Il est vrai que ses expériences ne furent pas faites dans des conditions aseptiques.

Nous avons tenté de cultiver des fragments de tissu cambial provenant de troncs d'arbres ayant de 15 à $50^{cm}$ de diamètre.

Nous prélevions aseptiquement des portions de tissu intéressant le cambium et le liber; nous les transportions dans des tubes contenant du coton imbibé d'un liquide nutritif constitué par la solution de Knop additionné de 1 pour 100 de glucose ou 2 pour 100 de mannite. Nous utilisons également des milieux nutritifs gélosés. Nous avons isolé et cultivé des fragments de tissu cambial appartenant aux espèces suivantes : *Pinus maritima*, *Abies pectinata*, *Acer pseudoplatanus*, *Populus nigra*, *Salix caprœa*, *Alnus glutinosa*, *Quercus Robur*, *Fagus silvatica*, *Ulmus campestris*, *Fraxinus excelsior*. Les tissus cambiaux de *Populus*, *Acer*, *Ulmus* et *Salix* sont ceux qui se sont le mieux développés.

La croissance des tissus isolés se manifeste dès les premiers jours de la culture. Les cellules superficielles s'arrondissaient rapidement et se transformaient en espèces de papilles. Le tissu s'épaississait, devenait très charnu et émettait souvent des espèces de bourgeons massifs reliés au tissu initial par un mince pédicelle. Toutefois cette prolifération se manifes-

tait surtout sur la face externe du fragment de tissu. L'aération de la culture semblait avoir une grande importance, car des fragements de cambium complètement immergés dans le liquide nutritif n'ont présenté qu'un développement très faible. La croissance était lente toutefois, nous avons actuellement des cultures qui se développent depuis près de trois mois, et dont la croissance continue. Nous avons étudié sur des coupes la structure des tissus ainsi cultivés. Nous avons rencontré des mitoses parfois abondantes, même dans des cultures âgées de deux mois. Le tissu néoformé était formé par des cellules assez petites associées sans aucun ordre et constituant une sorte de parenchyme, alors que normalement le tissu cambial se compose de cellules réparties en files très régulières. Les cellules des cultures possédaient de grandes vacuoles. Lors de la division cellulaire, à la fin de la caryocinèse, il se constituait un phragmoplaste qui s'allongeait au travers de la vacuole pour former la nouvelle membrane cellulaire.

Dans les cultures âgées, le tissu néoformé se différenciait d'une façon particulière. Certaines cellules se lignifiaient tout en demeurant à peu près isodiamétriques. On observait alors dans le tissu de petites masses arrondies constituées par des cellules ligneuses.

Ces amas étaient eux-mêmes entourés de cellules aplaties à parois cellulosiques, de dimensions plus réduites que celles des autres cellules de la culture.

Cette différenciation très particulière ne saurait être comparée à celle qui se produit lors de l'évolution naturelle du tissu cambial.

Des fragments de cambium d'*Acer pseudoplatanus* cultivés les uns contre les autres se sont soudés rapidement, et l'union des tissus était si étroite qu'il fut souvent impossible de distinguer l'existence de plusieurs fragments de cambium.

Enfin, les cultures de tissu cambial qui demeurent incolores à l'obscurité sont susceptibles de produire de la chlorophylle si on les expose à la lumière.

Nos recherches montrent donc que le cambium est susceptible, quand on le cultive dans les milieux nutritifs convenables, de se développer en un tissu méristématique dont les cellules se divisent activement. La durée de la croissance peut atteindre trois mois. Les cultures peuvent se différencier par suite de la formation dans leur tissu d'amas de cellules lignifiées. Nos résultats montrent donc qu'en utilisant le cambium il est possible d'obtenir de véritables cultures de tissus végétaux.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *De l'existence de trachéides dans la fleur de quelques espèces de la famille des Renonculacées*. Note (¹) de M. BROULAND, présentée par M. P.-A. Dangeard.

On sait que le bois secondaire des Conifères est formé par des éléments lignifiés désignés sous le nom de trachéides et dont le caractère principal consiste dans la présence de ponctuations aréolées sur les parois. D'autre part, on sait également que le métaxylème chez les Cryptogames vasculaires et en particulier chez les Fougères est constitué de vaisseaux dits scalariformes, chez lesquels les ponctuations sont élargies en fentes qui sont superposées comme les barreaux d'une échelle.

Par extension, beaucoup d'auteurs désignent sous le nom de trachéides des vaisseaux qui présentent toutes les transitions entre le type aréolé et le type scalariforme; ces éléments ont été particulièrement étudiés dans les Magnoliacées où leur présence est considérée comme ayant un grand intérêt du point de vue phylogénétique.

Ces trachéides ont été rencontrées aussi chez certaines Renonculacées, mais seulement dans la tige.

Or, au cours de nos recherches sur les Renonculacées, nous avons trouvé des trachéides dans les faisceaux des fleurs des genres suivants : *Anemone*, *Clematis*, *Thalictrum*, *Isopyrum*. A notre connaissance ce fait n'a pas encore été signalé dans les différents travaux ayant trait à l'anatomie florale des Renonculacées.

Les espèces que nous avons examinées à ce sujet sont les suivantes : *Anemone nemorosa* L., *Clematis vitalba* L., *Thalictrum isopyroides* C. A. Mey. *Isopyrum fumarioides* L. La localisation des trachéides dans les genres *Clematis*, *Isopyrum*, *Thalictrum* est sensiblement la même : inexistantes dans le pédicelle, elles apparaissent brusquement au niveau des faisceaux sépalaires, formant des masses ligneuses très importantes; elles diminuent considérablement au niveau des faisceaux staminaux pour redevenir ensuite très nombreuses au niveau des faisceaux carpellaires. Dans le genre *Anemone*, les trachéides se rencontrent principalement au niveau des faisceaux carpellaires.

En somme ces éléments se trouvent surtout au point de départ des

(¹) Séance du 11 juin 1934.

faisceaux se rendant dans les différentes pièces florales; ils forment à la base de ces faisceaux comme une sorte de manchon plus ou moins important. Les trachéides voisinent avec des vaisseaux ordinaires dans le bois secondaire; on les rencontre également près des vaisseaux du bois primaire; d'une façon générale, elles présentent la forme de tonnelets (*fig.* 2).

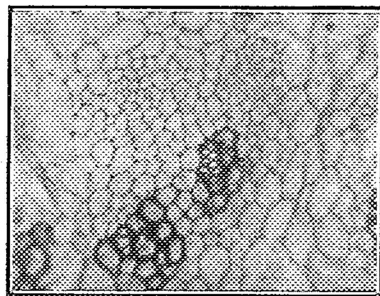


Fig. 1.

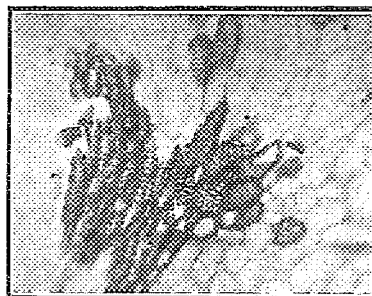


Fig. 2.

Fig. 1. — Faisceaux carpellaires avec trachéides d'*Anemone nemorosa* en coupe transversale. Gr. 180.

Fig. 2. — Vaisseaux et trachéides de *Clematis vitalba* en coupe longitudinale, au niveau des faisceaux sépalaires. Gr. 180.

Chez les espèces que nous avons étudiées, les ponctuations des parois latérales et transversales des trachéides sont du type réticulé (*fig.* 1), toutefois les ponctuations des parois latérales de *Clematis vitalba* sont parfois assez étirées, et tendent ainsi nettement vers le type scalariforme (*fig.* 2

Les mailles du réticule présentent quelquefois d'une façon très précise la forme d'un polygone.

La présence de ces trachéides à tendance scalariforme dans la fleur des Renonculacées apporte donc un argument nouveau aux partisans de la théorie de la fleur dialypétale primitive qui envisagent une phylogénie des Angiospermes, à partir de végétaux fossiles, tels que les *Bennettites*, les *Wielandiella* et le *Williamsoniella*.

On peut donc maintenant s'appuyer pour étayer cette théorie non seulement sur la morphologie florale, mais aussi sur son anatomie.

PHYSICOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les variations du* rH *apparent du sol pendant la croissance des plantes.* Note (¹) de M^lle **L. Meyer**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait l'importance de plus en plus grande que prend l'étude des propriétés physicochimiques du sol au point de vue de la croissance des végétaux. De nombreux documents sont déjà connus sur l'influence du pH de la terre; dans le domaine des phénomènes d'oxydo-réduction, il semble se poser des problèmes parallèles à ceux du pH, mais nos connaissances sur ce point sont encore très fragmentaires. Nous avons tenté quelques expériences dans cette direction : ayant fait pousser des plantes dans des terres végétales amenées à des potentiels d'oxydo-réduction différents, nous avons pu effectuer une série d'observations sur l'évolution de ces potentiels au cours de la culture.

Nous avons employé une technique de mesures décrite antérieurement [2], et qui permet d'obtenir dans la terre le potentiel de Pt et le rH apparent. Les déterminations de pH ont été faites colorimétriquement. Des lots de terre de même origine ont été portés à des valeurs de potentiels de Pt différentes (entre + 50 et — 200 mvts) en les mélangeant avec de petites quantités d'une solution concentrée d'hydrosulfite de soude (20 pour 100); ces terres ont été réparties dans des pots d'une contenance de 400$^g$ environ; pour chaque expérience 6 pots de potentiels initiaux différents ont été placés sur des planches paraffinées isolées du sol, et l'on y a semé du Lolium (*L. perenne* L.) ou des Lentilles (*Lens esculenta* L.). Les divers pots ont reçu chaque jour 25$^{cm^3}$ d'eau. Tous les 2 ou 3 jours, on mesurait le potentiel de Pt dans la terre, la valeur adoptée étant la moyenne de 3 ou 4 mesures faites à des endroits différents du pot. Trois origines différentes de terres ont été examinées pour ces expériences.

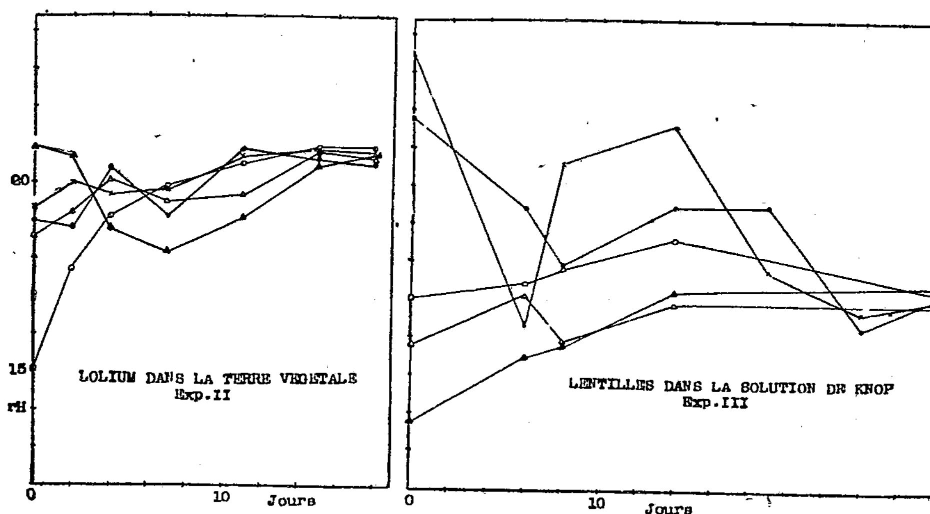
1. *Évolution du* rH *apparent au cours de la culture en terre.* — Le potentiel de Pt et le rH apparent des différents pots évoluent avec le temps au cours de la culture; d'une façon très générale, aussi bien avec le *Lolium* qu'avec les Lentilles, les rH initialement bas tendent à s'élever; les rH élevés peuvent s'élever encore, mais peuvent aussi s'abaisser; quelle que soit leur évolution, *finalement les différents pots tendent à se rejoindre dans une zone commune assez étroite*, dont la valeur paraît dépendre de la nature de la plante, mais aussi de celle de la terre (voir la figure).

(¹) Séance du 4 juin 1934.

(²) F. Vlès et L. Meyer, *Arch. Phys. biol.*, 9, 1932, p. 284; F. Vlès, *ibid.*, 8, 1930, p. 182.

| Expériences. | Intervalle des rH initiaux. | rH final. | Nombre de jours de culture. | Nature de la terre. |
|---|---|---|---|---|
| | | *Lolium.* | | |
| I........ | 21,3-17,2 | 20,8-20,9 | 22 | Terreau et sable rouge |
| II....... | 15,1-20,9 | 20,5-20,9 | 18 | Id. |
| III...... | 17,4-25,4 | 25,8-28,2 | 22 | Terreau de jardin |
| IV...... | 18,2-26,8 | 25,3-28,1 | 25 | Id. |
| V....... | 16,7-27,6 | 26,1-28,4 | 16 | Terre de Heiligenberg |
| | | *Lentilles.* | | |
| I........ | 16,5-24,0 | 23,5-29,1 | 8 | Terreau de jardin |
| II....... | 10,5-22,0 | 26,8-28,3 | 8 | Id. |

2. *Évolution du* rH *au cours de la culture en solution.* — Pour vérifier les




Variations du rH apparent dans des cultures de *Lolium* en terre, et de lentilles en solution de Knop.

données précédentes en éliminant le rôle de la terre, dont la structure même pourrait être supposée intervenir dans les présents phénomènes, nous avons refait des séries d'expériences en faisant pousser des Lentilles dans des milieux nutritifs liquides (liquide de Knop, de pH 6, amené à des potentiels variables par l'hydrosulfite de soude) pour lesquels les phénomènes, au point de vue théorique et au point de vue pratique, se présentent comme beaucoup plus simples. Les Lentilles, mises d'abord à germer sur coton

hydrophile, ont été introduites après 8 jours de croissance dans les liquides à potentiels différents (pots en verre, bouchés par des cartons paraffinés, par des trous desquels passent les racines). Trois séries d'expériences ont été faites. Au point de vue de l'évolution des rH pendant la pousse, les phénomènes ont été beaucoup plus nets encore que dans la terre, et la zone finale d'équilibre extrêmement étroite.

| | | Intervalle des rH | | Nombre de jours |
|---|---|---|---|---|
| | Exp. | initiaux. | final. | de culture. |
| Lentilles........... | I | 15,8-22,4 | 23,4-25,6 | 22 |
| » ........... | II | 12,0-21,4 | 16,3-17,3 | 29 |
| » ........... | III | 13,8-23,5 | 16,9-17,3 | 28 |

Ces données confirment les phénomènes obtenus avec les terres. Tout se passe donc comme si, aussi bien dans le cas de la terre que dans celui des solutions, on aboutissait à une sorte d'équilibre, dans lequel la plante tendrait à imposer au milieu extérieur des conditions d'oxydo-réduction déterminées; il semble que l'on soit là en présence de l'équivalent de l'effet Robbins décrit pour le pH (1), et en vertu duquel la plante ajuste le milieu extérieur à un pH d'équilibre plus ou moins spécifique.

ENTOMOLOGIE. — *Étude en avion de la faune entomologique aérienne.* Note de M. **Lucien Berland**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Des recherches poursuivies en avion ces dernières années aux États-Unis, principalement par M. Coad, ont montré qu'il existait dans l'atmosphère, à diverses altitudes, une faune entomologique d'une densité et d'une importance insoupçonnées.

J'ai pensé qu'il pouvait y avoir un certain intérêt à entreprendre en France des études de ce genre, et ce sont les premiers résultats, obtenus tout récemment, que j'expose ici.

Une difficulté résultait pour moi de l'impossibilité d'avoir un avion à mon entière disposition, comme c'était le cas pour les entomologistes américains, de sorte que je ne pouvais, à leur exemple, installer un appareil de capture fixe. J'ai donc dû imaginer un matériel très simple, qui pût

(1) W. Robbins, *Ann. J. of botan.*, 10, 1923, p. 412; *Journ. Gen. Phys.*, 6, 1924, p. 259; Robbins et Scott, *J. of Agr. Res.*, Washington, 31, 1925, p. 385.

se placer très rapidement sur n'importe quel avion, et avec le minimum d'installation. Quelques essais m'ont permis de réaliser très vite une technique et un dispositif extrêmement simples, constitués par un filet rappelant celui qui sert aux pêches pélagiques, et ces essais m'ont montré que :

1° Un filet en soie à bluter résiste très bien à la pression de l'air, même si la vitesse atteint et dépasse 120$^{km}$ à l'heure;

2° Fixé latéralement à un mât de l'avion, il ne cause aucun déséquilibre dans la marche de celui-ci, même s'il se trouve presque à l'extrémité de l'aile, et d'un seul côté. D'autre part il se tend par suite de la vitesse, ainsi que la corde qui le tient, et l'ensemble se comporte comme un corps rigide participant à tous les mouvements de l'avion sans aucun flottement, même dans les virages ou pendant les remous causés par les trous d'air;

3° Le tourbillon de l'hélice n'écarte nullement les organismes ou corpuscules que l'avion rencontre, et l'on peut recueillir des Insectes même en plaçant le filet derrière l'hélice et dans son champ. Pratiquement il est toutefois préférable de le placer de côté, pour éviter qu'il vienne heurter le fuselage;

4° Grâce à une corde de rappel, il est très facile d'exposer le filet à l'altitude voulue, et aussi de le rentrer dans la carlingue à volonté (à ce moment le pilote réduit la vitesse), ce qui présente l'avantage de l'examiner pendant le vol à tout moment, et de connaître de suite les résultats.

Avec cet appareil fort simple, dès mes premiers vols (¹), qui n'étaient encore que des vols de mise au point, j'ai pu capturer jusqu'à 1000$^{m}$ d'altitude des Insectes appartenant aux ordres suivants : Thysanoptères; Hémiptères (Pucerons); Hyménoptères (Chalcidides, Braconides); Diptères (Ephydrides), ces derniers paraissant les plus abondants. Ce sont des Insectes de petite taille, ne dépassant pas 2 à 3$^{mm}$; ils sont mauvais voiliers, ne disposent que de très faibles moyens de propulsion, et se trouvent enlevés par des courants d'air ascensionnels, ou à l'occasion par le vent, forces auxquelles les Insectes bons voiliers peuvent résister aisément.

Le nombre d'individus que j'ai recueillis jusqu'à présent est assez faible; mais, si l'on veut bien considérer l'énorme volume que représente une couche d'air de 1000$^{m}$ d'épaisseur, le fait même qu'en peu de temps un filet de faibles dimensions a pu capturer plusieurs Insectes prouve que le nombre de ceux-ci doit être considérable. Ainsi donc l'atmosphère n'est nullement

(¹) Effectués à Saint-Cyr (Aéro-Club de l'Ile de France) et à Toussus-le-Noble (Aérodrome Farman).

azoïque, mais il y flotte une quantité de petits animaux qui, se déplaçant à peine par leurs propres moyens, méritent d'être considérés comme faisant partie du plancton aérien (ou aéroplancton), nom que les botanistes ont employé pour des organismes végétaux. Ce plancton peut, bien entendu, être transporté à de longues distances, et son étude intéressera de ce fait diverses disciplines, notamment la zoologie, la botanique, la biogéographie, l'entomologie appliquée, etc.

Ces recherches ne sont qu'ébauchées, mais je compte les poursuivre méthodiquement.

PHYSIOLOGIE. — *Mesure de l'excitabilité corticale par la voie percutanée après craniectomie et cicatrisation.* Note de M. et Mme **A. Chauchard**, présentée par M. L. Lapicque.

Dans nos premières recherches chronaximétriques sur l'excitabilité corticale chez le chien (1922-1925), nous utilisions, pour la découverte de la zone à explorer, la méthode classique : la trépanation faite sous l'anesthésie générale, nous excisions la dure-mère et portions les excitations sur l'écorce revêtue seulement de la pie-mère. Cette technique présente des inconvénients que nous avons signalés ailleurs, tels que : écoulement du liquide céphalo-rachidien, modification de la chronaxie des cendres par les anesthésiques; on peut, il est vrai, ne pas recourir à ces agents, mais l'opération devient alors très douloureuse du fait de l'excision de la dure-mère. C'est ce qui nous avait amenés à supprimer ce temps de l'expérience et à mesurer l'excitabilité corticale à travers cette membrane ([1]). Toutefois cette méthode oblige à sacrifier les animaux en fin d'expérience. Or il arrive qu'il y ait intérêt à prolonger pendant longtemps une recherche sur le même animal et qu'il soit, par suite, nécessaire de le conserver. Nous décidâmes donc un jour, en fin de mesures, de vérifier celles-ci à travers la peau rabattue sur la dure-mère : les réponses motrices furent les mêmes, les chronaxies identiques; les rhéobases ne s'élevèrent pas comme on aurait pu s'y attendre. Il ne restait plus qu'à opérer aseptiquement.

C'est ce que nous avons fait depuis plusieurs mois sur des Chiens dont l'un sert encore à nos recherches. La technique opératoire est celle qu'on

([1]) *C. R. Soc. de Biologie*, 92, 1925, p. 955; *Ibid.*, 96, 1927, p. 1363; *Ibid*, 98, 1928, p. 747.

utilise couramment en chirurgie cranienne. La brèche osseuse s'étendra de la suture lambdoïde aux sinus frontaux sur une largeur de $6^{cm}$ environ, plus que suffisante pour découvrir les gyrus sigmoïdes à droite et à gauche. La surface mise à nu aura une étendue à peu près égale, quelle que soit la taille des Chiens, l'encéphale variant très peu suivant la grandeur du corps; il est cependant plus avantageux de se servir de petits animaux dont les sinus frontaux sont moins développés et empiètent moins sur la zone motrice.

Après avoir évité toute lésion de la dure-mère par l'emploi d'un trépan à débrayage automatique, on suture les parties molles; les muscles temporaux restent écartés ou bien sont rapprochés au catgut. Ce dernier procédé nous semble préférable : en matelassant le rebord osseux, il empêche par la suite un resserrement de la brèche au cours de la cicatrisation, laquelle s'est toujours produite par première intention, bien que la plaie opératoire soit restée constamment à découvert; il était seulement fait matin et soir un lavage de la région à l'alcool à 90°. Au bout de quelques jours on peut commencer les expériences. Celles que nous rapportons ci-après ont été faites de un mois et demi à deux mois après la craniectomie. L'animal se prête aisément aux mesures, libre de tout lien. L'excitation sera unipolaire avec, comme anode, un tortillon d'argent introduit dans l'anus, la cathode étant une anse de même métal protégée par un tube de verre recourbé en crochet qu'elle déborde, et coiffée d'un fragment de gaze que l'on imbibe d'eau salée. Par tâtonnement, on recherche les points moteurs, ce qui ne présente guère plus de difficulté qu'à travers la dure-mère. Les mesures sont prises par les méthodes de Lapicque, condensateurs avec un circuit d'une résistance de 10000 ohms, ou chronaximètre.

*Expérience du 18 juillet 1933.*

Chienne de $9^{kg}$ trépanée le 17 mai, muscles temporaux suturés. Extension. Capacité chronaxique en millièmes de microfarad :

| | Volt. rhéob. | Cap. chron. |
|---|---|---|
| Patte postérieure droite | 22 | 80 |
| Patte antérieure droite | 25 | 70 |
| Patte postérieure gauche | 31 | 85 |
| Patte antérieure gauche | 25 | 60 |

*Expérience du 12 décembre 1933.*

Chien Bob trépané le 23 octobre, temporaux non suturés. Extension :

| | Volt. rhéob. | Cap. chron. |
|---|---|---|
| Patte postérieure droite | 22 | 40 |

Inhalation de chloroforme. Dès le début de la torpeur, on retire le masque :

| | Volt. rhéob. | Cap. chron. |
|---|---|---|
| 16h30m | 45 | 70 |
| 17h12m | 40 | 60 |
| 17h45m | 35 | 40 |

Remarquons l'augmentation de la chronaxie sous l'influence du chloroforme, son retour à l'état initial 1 heure 15 minutes après l'arrêt de l'anesthésie; la rhéobase revient plus lentement.

Cette méthode présente les avantages suivants : elle permet d'expérimenter sans douleur sur des animaux à l'état normal; les mesures offrent une plus grande certitude puisqu'il n'est pas nécessaire d'immobiliser les animaux dans des attitudes forcées susceptibles à elles seules de faire varier les résultats. De nouvelles possibilités d'investigation sont ouvertes, non seulement dans les recherches purement physiologiques ou pharmacologiques sur l'écorce cérébrale, mais aussi dans l'étude du mécanisme de certains phénomènes psychophysiologiques. Les animaux ne se ressentent en rien de l'intervention qu'ils ont subie; toutes leurs fonctions s'effectuent sans trouble et aussi normalement que chez des Chiens non trépanés; on pourra donc les soumettre à des observations suivies et ce n'est pas là un des moindres avantages de notre méthode.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Allantoïne dextrogyre. Sa présence chez les animaux.* Note de MM. **P.-E. Thomas** et **P. de Graeve**, présentée par M. R. Fosse.

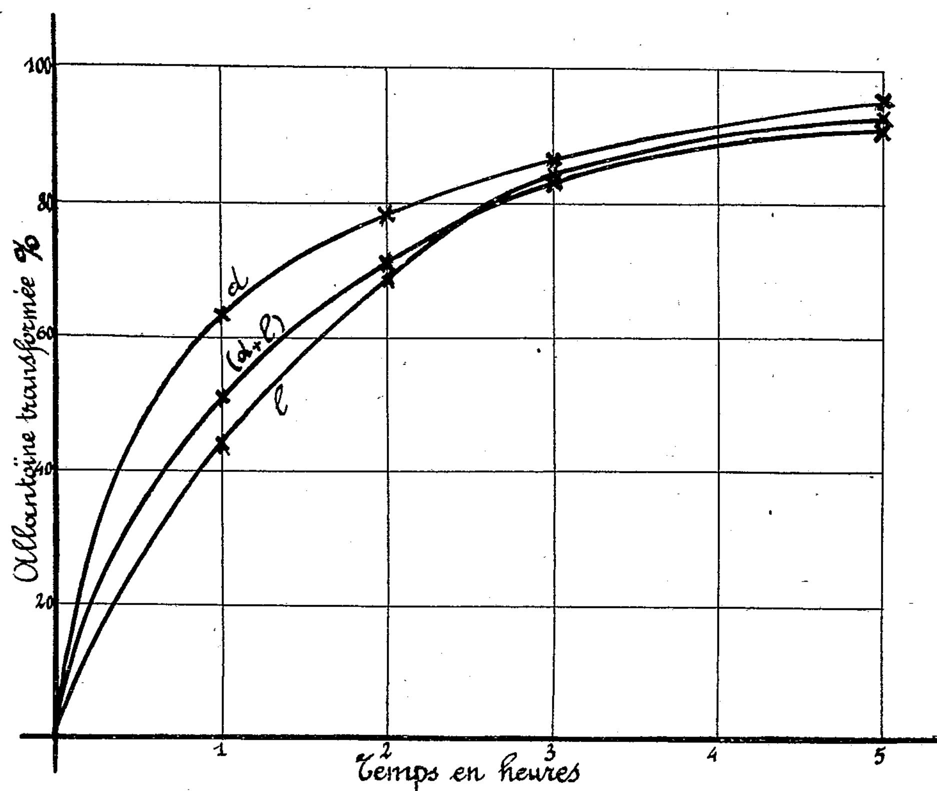
De récents travaux ont démontré que l'allantoïne, considérée jusque-là comme indédoublable, est un composé racémique : l'isomère gauche se forme, en effet, dans la fermentation de l'allantoïne sous l'influence de l'allantoïnase et l'isomère droit existe dans les feuilles de platane [1].

L'allantoïne optiquement active est un principe naturel des animaux comme des végétaux. Cette Note a pour but de démontrer la présence de l'allantoïne dextrogyre dans l'urine de veau.

1° *Isolement de l'allantoïne dextrogyre.* — Recueillir dans la vessie, l'urine de veaux venant d'être abattus; l'acétifier immédiatement, refroidir,

(1) R. Fosse, P. E. Thomas et P. de Graeve, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 689, 1374, 1953.

déféquer par l'acide phosphotungstique; traiter la liqueur centrifugée par l'acétate basique de plomb, centrifuger aussitôt; éliminer le plomb par $H^2S$; chasser $H^2S$; neutraliser par la magnésie, précipiter la liqueur filtrée par l'acétate de mercure-sodium de Wiechowski; centrifuger, laver le dépôt plusieurs fois à l'eau; le délayer dans un peu d'eau et le décomposer




par $H^2S$; acétifier légèrement la liqueur filtrée; évaporer à sec, dans le vide, à froid.

*Cristallisation.* — Épuiser le résidu cristallin par quelques centimètres cubes d'eau légèrement acétique, à 40°; filtrer et laisser cristalliser dans la glace; essorer les cristaux; les laver à l'eau glacée, à l'alcool absolu et à l'éther; sécher dans le vide. Une seconde cristallisation donne l'allantoïne dextrogyre pure. Le rendement en produit pur atteint environ $0^g,7$ pour $2000^{cm^3}$ d'urine.

*Pouvoir rotatoire spécifique en solution aqueuse à* 22°. — Trouvé : $\alpha_D = +93°$ matière : $0^g,3799$; volume : $20^{cm^3}$; longueur du tube : $2^{dm},2$; $\alpha$ lu $= +3°,53$.

2° *Vitesse de transformation fermentaire des allantoïnes d, l et* $(d+l)$

*en acide allantoïque.* — Pour expliquer la formation d'allantoïne *l* au cours de la fermentation de l'allantoïne $(d+l)$, en présence de l'allantoïnase, nous avons été conduits à admettre que l'isomère *d* se détruisait plus vite que l'isomère *l*. Cette hypothèse se vérifie aisément en soumettant séparément ces allantoïnes à la fermentation.

*Expériences.* — Placer au bain d'eau à 40°, les solutions à 1 pour 1000 des trois formes d'allantoïne, avec 1 pour 100 de préparation fermentaire de soja et 2 pour 1000 de sesquicarbonate d'ammonium; doser l'acide allantoïque formé [1] après des temps variables.

Les courbes ci-contre montrent qu'au début, l'allantoïne droite se détruit plus vite que la racémique et celle-ci plus vite que la gauche. Après un certain temps, les vitesses de transformation tendent vers une même valeur par suite de la racémisation des composés actifs due à l'alcalinité du milieu.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une substance* A', *intermédiaire entre la vitamine* A *et la β-ionone*. Note de M. **A. Chevallier**, M<sup></sup>lle **Y. Choron** et M. **J. Guillot**, présentée par M. L. Lapicque.

Deux d'entre nous [2], étudiant la destruction de la vitamine A sous l'influence de rayons ultraviolets avaient signalé les déformations que présentent les courbes d'absorption des solutions de vitamine A dans l'hexane. Ces déformations nous paraissaient révéler l'existence de composés intermédiaires entre le corps initial et la β-ionone, produit de destruction que les recherches de Karrer et Von Euler ont mis en évidence en opérant par ozonisation.

Nous avons poursuivi nos recherches et nous pouvons maintenant affirmer qu'il existe bien au moins une substance intermédiaire entre la vitamine A et la β-ionone.

Notre affirmation repose sur les constatations suivantes :

Si les solutions de vitamine A sont faites dans l'alcool éthylique à 95° au lieu d'être faites dans l'hexane, les courbes de destruction par irradiation ont une allure toute différente de celle que nous avons signalée précédemment : le maximum reste fixé à 3280-3250 Å jusqu'à une destruction très avancée, au lieu d'être progressivement déplacé vers les petites longueurs

---

(1) R. Fosse, A. Brunel et P.-E. Thomas, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1615.

(2) A. Chevallier et Y. Choron, *Soc. de Biol.*, 105, 1934, p. 1297.

d'onde; d'autre part, les déformations n'apparaissent pratiquement pas dans la zone 3280-3000 Å. Elles existent seulement dans celle comprise entre 3000 et 2700 Å.

Ce fait semble indiquer que les déformations observées dans les solutions d'hexane sont probablement dues à la présence de produits solubles dans ce milieu et insolubles dans l'alcool éthylique à 95°.

Nous basant sur cette hypothèse, nous avons irradié un gramme du produit très riche en vitamine A que nous utilisons. Cette irradiation est faite en couche très mince afin d'obtenir une action homogène. Nous arrêtons l'irradiation lorsqu'un prélèvement mis en solution dans l'alcool montre une courbe d'absorption diminuée de hauteur, mais non déformée.

Nous lavons alors très soigneusement au moyen d'une grande quantité d'alcool la masse du produit irradié. De cette manière, nous avons entraîné la vitamine A et tous les autres produits solubles.

Il nous reste un résidu qui, repris par l'hexane, montre une courbe d'absorption ressemblant à celle de la vitamine A mais dont le sommet est situé à 3125 A°. Cette courbe correspond au produit formé au cours de l'irradiation, produit que nous nous proposons d'appeler provisoirement A'.

Nous pensons en effet qu'il s'agit d'une individualité chimique précise et non d'un mélange plus ou moins complexe de divers composés, car, au cours de vingt expériences d'irradiation conduites avec des modalités variées, nous avons toujours obtenu strictement le même résultat.

D'autre part la présence de cette substance dans le produit initial non irradié doit être exclue; le faible résidu insoluble obtenu en opérant de la même manière, mais sans faire intervenir l'irradiation, ne présente en aucun cas d'absorption ultraviolette sélective.

Enfin, il n'est pas possible de confondre la substance A' et la β-ionone; cette dernière possédant un spectre d'absorption avec maximum à 2900 Å et une solubilité très grande dans l'alcool.

Nous avons vu, en outre, que le produit A', lui-même irradié, se transforme en une substance dont le sommet d'absorption est précisément à 2900 Å et qui, en présence de semi-carbazide, se transforme en une semi-carbazone ayant les mêmes caractères spectroscopiques que ceux de la β-ionone semi-carbazone. Nous estimons pouvoir conclure que la substance A' se transforme en β-ionone sons l'influence de l'irradiation.

MICROBIOLOGIE. — *L'origine microbienne et cytolytique de troubles des boissons hygiéniques.* Note de M. E. **Brédo**, transmise par M. Hyacinthe Vincent.

L'examen microscopique simple est presque toujours impuissant à déceler la vraie nature et surtout la cause des accidents qui se produisent fréquemment dans les boissons hygiéniques : opalescences, louches, plus ou moins rapidement suivis de précipitations.

On découvre sans peine les diverses formes levuriennes, les mycodermes et les torulas, les bactéries filiformes, les grosses sarcines, les gros filaments acétiques. Il est déjà plus difficile de repérer la petite sarcine responsable de l'amertume des bières basses. Mais aucun de ces microorganismes n'est directement la cause des troubles ci-dessus. L'origine de cette altération est cependant microbienne. Nous avons pu nous en convaincre au moyen d'une technique spéciale.

Nos observations microscopiques, se rapportant à la cytolyse parasitaire, ont été effectuées à notre banc de photomicrographie. Les examens ont été pratiqués en chambre obscure. Toujours la platine du microscope a été maintenue horizontale, le tube restant invariablement en position verticale. L'éclairage des préparations est obtenu par incandescence électrique d'intensité réglable, dont la consommation peut atteindre 6 ampères à 125 volts. Entre la source lumineuse et le microscope sont interposés des écrans; l'un est en verre finement dépoli, l'autre est une cuvette à deux glaces polies parallèles, distantes de $50^{mm}$, contenant les solutions chimiques nécessaires pour obtenir un champ monochromatique ou orthochromatique.

Les préparations ont été faites par « frottis étirés » ; tout alcali caustique, pour éclaircir les préparations, a été proscrit. Nos observations ont porté sur les microorganismes vivants.

Le cycle morphologique complet de l'organisme ou des organismes responsables des accidents est la suivante. L'organisme cytoliseur est en sa forme la plus simple un monocoque, apparemment sphérique, ayant aspect d'une perle nimbée d'une auréole. Cette auréole n'est autre que l'enveloppe gélifiée du microbe. L'auréole possède l'apparence d'une membrane extérieure, qui, en réalité, doit être attribuée à des franges d'interférences. Au stade de virulence exaltée, quand l'organisme est en période de

croissance, ses dimensions sont variables et comprises entre 0,20 et $1^{\mu}$,00; mais il est des organismes dont le diamètre réel semble être inférieur au minimum indiqué, et, inversement, il est des géants dont le diamètre atteint, et parfois même dépasse $2^{\mu}$.

Je lui ai donné le nom de *Cytolytus polymorphus* Brédo (nov. gen., nov. spec.) : *Cytolytus*, pour la raison que l'organisme est capable de dissoudre les membranes des cellules qu'il rencontre : bactéries, levures, torulas, même moisissures; *polymorphus*, parce qu'il peut donner lieu à des diplocoques, pédiocoques, staphylocoques, streptocoques même, formés d'articles peu nombreux; ces microcoques peuvent subir une ou deux divisions successives de leur noyau, donnant l'aspect d'une croix grecque, ou latine, ou de Saint-André, suivant les cas.

Si l'on soumet à l'inanition une culture jeune gorgée de réserves, il apparaît des formes bacillaires droites ou courbes, diversement fourchues, ou simplement anguleuses; celles-ci contiendront des grains en chapelets plus ou moins nets que leur membrane, en se liquéfiant, mettra en liberté. Ils grossiront, seront mobiles et cytolyseurs.

J'ai isolé l'organisme de bières opalescentes et sujettes à se troubler rapidement au point d'être imbuvables. Sa culture est difficile, mais possible. Elle réussit en bouillon peptoné salé, s'y développant sous forme d'une mince traînée, à revêtement irisé, incolore et transparente, peu perceptible.

Dans les boissons, la présence de l'organisme se caractérise à l'œil nu par les opalescences, les louches et troubles indiqués ci-dessus. On la reconnaît à son odeur plus ou moins forte, parfois désagréable. Le goût est très prononcé, quelquefois repoussant.

Quoi qu'il en soit des relations éventuelles de *Cytolytus polymorphus*, avec des microbes déjà signalés, mais sûrement insuffisamment étudiés et décrits, l'essentiel de notre étude est que la cause de troubles désastreux, en brasserie particulièrement, est un être vivant, figuré, attaquant la levure, au point que le contenu de celle-ci se déverse dans la bière, et y alimente son destructeur.

Le diamètre de l'organisme, à certains stades de sa vie, descend à $0^{\mu}$,20 ou moins encore; par conséquent aucun des filtres classiques ne peut l'arrêter. Certaines membranes collodionnées ne se laissent pas traverser par lui. De plus, ces mêmes filtres débarrassent les liquides des grosses micelles porteuses de l'indésirable « goût de levure gâtée », qui existent dans les bières envahies par l'organisme cytolyseur.

BIOCHIMIE DES MICROBES. — *Sur les propriétés chimiques d'une substance toxique et immunisante isolée du B. d'Aertrycke.* Note de M. **André Boivin** et M<sup>me</sup> **Lydia Mesrobeanu**, présentée par M. F. Mesnil

Nous avons indiqué [1] la possibilité d'extraire, de diverses bactéries, une substance toxique, spécifique et immunisante. Les propriétés qui vont être exposées se réfèrent à des préparations obtenues à partir du B. d'Aertrycke, mais plusieurs autres bactéries saprophytes et pathogènes nous ont fourni des préparations de constitution chimique très analogue [2].

La substance spécifique peut être isolée de ses solutions aqueuses et sans aucune dénaturation, par évaporation dans le vide à froid. On obtient un corps jaunâtre, d'aspect écailleux, qui se gonfle au contact de l'eau, puis se dissout, mais qui est insoluble dans les divers solvants organiques.

Si l'on acidifie la solution à N/5 avec de l'acide acétique et qu'on chauffe à 100°, à reflux, pendant une heure, un précipité blanc se sépare, dont le poids représente le tiers de la matière mise en œuvre, et qui flotte au sein d'un liquide dépourvu de toute opalescence. Le précipité, redissous dans de la soude très diluée, se montre toxique pour la souris, mais à un degré moindre que la substance primitive. A l'hydrolyse acide, il ne libère pas de sucre, mais des acides gras. La solution est dépourvue de toute propriété toxique, elle précipite par le sérum antimicrobien, mais se montre incapable d'immuniser l'animal. Elle donne en abondance des sucres à l'hydrolyse, mais pas d'acides gras. Elle renferme donc un polysaccharide spécifique, qu'on peut du reste isoler par précipitation à l'alcool. Les solutions aqueuses de ce polysaccharide dialysent assez rapidement à travers le collodion acétique à 5 pour 100, contrairement à la substance immunisante absolument non dialysable. La substance immunisante semble donc être un complexe formé par l'union de l'haptène polysaccharidique, non pas avec une albumine comme on pouvait le penser jusqu'à présent [3], mais avec un matériel lipidique que sa composition rattacherait aux phosphatides [4].

---

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2124.

(2) A. Boivin, I. Mesrobeanu, L. Mesrobeanu et B. Nestorescu, *C. R. Soc. Biol.*, **115**, 1933, p. 306.

(3) Voir en particulier les très beaux travaux d'Heidelberger et de ses collaborateurs, sur le pneumocoque.

(4) A. Boivin, I. Mesrobeanu et L. Mesrobeanu, *C. R. Soc. Biol*, **114**, 1933, p. 307.

Le précipité qui se forme, par clivage du complexe en milieu acétique, est constitué par le mélange d'acides gras libres et de matières azotées et phosphorées, les unes saponifiables et les autres insaponifiables, dont nous poursuivons l'étude. La fraction phosphatide du complexe subirait donc une décomposition partielle au cours du clivage, décomposition se traduisant encore par la libération d'une certaine quantité d'acide orthophosphorique, accompagnant le polysaccharide dans sa solution.

Nous avons pratiqué la microanalyse, selon Pregl, de trois préparations du complexe immunisant, desséchées au préalable à 100°. Nous avons en outre dosé le sucre (exprimé en glucose, méthode de Hagedorn) libérable à l'hydrolyse acide et les acides gras libérables à l'hydrolyse acide, ces derniers corps étant extraits par l'éther, puis pesés. La plupart des analyses ont été faites en double et les chiffres donnés sont des pourcentages.

| | C. | H. | N. | P. | S. | Cendres sulfuriques. | Sucre. | Acides gras. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 47,12 | 7,41 | 2,02 | 2,43 | 0,69 | 10,10 | 40,6 | 21,23 |
| | 47,69 | 7,49 | 2,20 | 2,48 | – | 10,36 | – | – |
| II | 46,88 | 7,23 | 1,96 | 2,44 | 0,86 | 12,59 | 39,6 | 20,54 |
| | 46,60 | 6,92 | 1,83 | 2,25 | – | 13,00 | – | – |
| III | 48,04 | 7,78 | 2,05 | 2,36 | 0,71 | 9,15 | 41,6 | 22,39 |
| | 47,72 | 7,62 | 2,19 | 2,47 | – | 8,98 | – | – |

Le soufre est représenté, au moins pour une part, par du sulfate de calcium, fortement adsorbé sur le complexe. Les cendres sont constituées essentiellement par du calcium, avec des traces de fer, de cuivre et de silice. Notre substance active paraît être le sel de calcium d'un complexe phosphatide-polysaccharide. Une attaque par l'acide iodhydrique ne révèle aucune quantité notable de glycérol. Les acides gras totaux, à indice d'iode très bas, sont constitués en majeure partie par un acide solide, incolore, cristallisable à partir de ses solutions dans l'alcool et dans l'éther, et dont 4^mg peuvent être injectés à la souris (en sel de sodium) sans effet toxique.

Nos préparations sont beaucoup moins riches en azote que celles que Raistrick et Topley [1] viennent à leur tour d'extraire du B. d'Aertrycke, par une digestion trypsique suivie de précipitations par l'alcool. Il serait intéressant de voir si les préparations anglaises, après purification par dialyse, ne donneraient pas une composition se rapprochant plus de nos résultats.

---

(1) *British Journ. of exp. Pathol.*, 15, 1934, p. 113.

Dans la précédente séance, M. **Henri B. Reitlinger** a adressé une Note *Sur un phénomène de sursaturation de l'eau chaude*, dans laquelle est reproduit un passage du pli cacheté n° 10541 ouvert le même jour (p. 2048).

(Renvoi à la Section de Physique.)

A 15h40m, l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

La Section de Physique générale, par l'organe de M. M. Brillouin remplaçant le Doyen empêché, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *P. Villard* :

| | |
|---|---|
| *En première ligne*............. | M. **Paul Langevin**. |
| *En seconde ligne*............. | M. **Henri Abraham**. |
| *En troisième ligne*, ex æquo *par ordre alphabétique*............... | MM. **Jean Becquerel**, **Eugène Bloch**, **Eugène Darmois**, **Camille Gutton**. |

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h30m.

E. P.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### Ouvrages reçus pendant les séances de mai 1934 (*suite et fin*).

*Michel Adanson, voyageur, naturaliste et philosophe*, par Aug. Chevalier. Paris, Larose, 1934.

*Les vieux arbres de la Normandie. Étude botanico-historique*, par Henri Gadeau de Kerville. Fascicule VI et dernier. Extrait du *Bulletin de la Société des amis des Sciences naturelles de Rouen*, années 1930 et 1931. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1932; 1 vol, 26cm.

*Atlas des colonies françaises, protectorats et territoires sous mandat de la France*, publié sous la direction de G. Grandidier. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1934; 1 vol. 55cm.

*L'Onde, énergie gratuite*, par A. Dard. Paris, Étienne Chiron, 1934; 1 vol. 19cm.

Union géodésique et géophysique internationale. *Cinquième Assemblée générale*, réunie à Lisbonne, 17-25 septembre, 1933. London, Camelot Press Limited, 1934; 1 vol. 25cm.

*The History of Dermatology*, par Wm. Allen Pusey. Baltimore, Charles C. Thomas, 1933. 1 vol. 23cm.

*Diseases of the Skin*, par Richard L. Sutton. St. Louis, The C. V. Mosby Company, 1932; 1 vol. 25cm.

*An introduction to Dermatology*, par Richard L. Sutton et Richard L. Sutton, Jr. St. Louis, The C. V. Mosby Company, 1933; 1 vol 22cm,5.

*Tiger Trails in Southern Asia; An African Holiday;* St. Louis, The C. V. Mosby Company, 1926, 1924; 2 vol. 23cm,5.

*The Long Trek. Around the World with camera and Rifle*, par Richard L. Sutton et Richard L. Sutton, Jr. St. Louis The C. V. Mosby Company, 1930; 1 vol. 23cm,5.

---

## ERRATA.

### (Séance du 7 mai 1934.)

Note de M. *E. O. Lovett*, Sur certaines courbes gauches qui généralisent les coniques :

Page 1664, ligne 15, *au lieu de* $\alpha t^2$, *lire* $\alpha t^l$; et *au lieu de* $\mathrm{V} t^n$, *lire* $\gamma t^n$; ligne 16, *au lieu de* $\alpha(n-l)t^2$, *lire* $\alpha(n-l)t^l$.

### (Séance du 4 juin 1934.)

Note de M. *J. Loiseau*, Les équations générales de la mécanique et l'électromagnétisme :

Page 1981, ligne 8, la formule doit être modifiée ainsi :

$$F_1 d\tau = -\rho\, d\tau \left[ \left( \frac{W^2}{2} \right)_{,1} + \varpi_3^1 \frac{\omega^3}{dt} - \varpi_1^2 \frac{\omega^2}{dt} - \varpi_1^4 \frac{\omega^4}{dt} \right]; \tag{3}$$

ligne 14, *au lieu de* $\frac{B_k}{\varphi_k}$, *lire* $\frac{B_k}{\varphi_4}$; formule (4), le premier chiffre des indices 11, 12, 13 doit être remplacé par une virgule.

Page 1982, ligne 10, les primes placées devant les indices 2, 3, 4 doivent être remplacées par des virgules.

Note de MM. *Cl. Gautier* et *R. Ricard*, Étude spectrographique de la bile de bœuf :

Page 2027, au-dessous du spectre, *au lieu de* MN, *lire* Mn.

Page 2028, ligne 19, *au lieu de* La bile est un émonctoire, *lire* Le foie, par la bile, est un émonctoire.

(Séance du 11 juin 1934.)

Note de MM. *E. Vellinger* et *R. Delion*, Sur les propriétés superficielles de certaines matières colorantes :

Page 2085, ligne 3, *au lieu de* $\sigma_p$, *lire* $\sigma_r$; légende de la figure, fin de la première ligne, remplacer le ; par le signe —.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 25 JUIN 1934.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la méthode* par entraînement *pour la préparation des organomagnésiens mixtes*. Note [1] de M. V. **Grignard**.

M. Urion [2] a signalé une intéressante réaction de double décomposition entre certains organomagnésiens et certains halogénures organiques, s'exprimant par exemple, dans le cas du bromure de cyclohexyle, par l'équation



$$C^6H^{11}Br + C^2H^5MgBr = C^6H^{11}MgBr + C^2H^5Br.$$

Le rendement de cette transformation, après 24 heures de contact, n'est d'ailleurs que de 12 pour 100.

Généralisant ses résultats, M. Urion a cru y trouver l'explication *la plus rationnelle* du phénomène que nous avons constaté récemment [3] et que nous avons mis à profit pour réaliser la préparation de certains magnésiens qui ne peuvent être obtenus par la méthode classique. Nous avons donné à cette nouvelle méthode de préparation le nom de méthode *par entraînement* et nous avons essayé d'en expliquer le mécanisme par quelques hypothèses sans bases expérimentales.

Il convenait d'examiner si la réaction invoquée par M. Urion apportait

---

(1) Séance du 18 juin 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1244.

(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 625.

vraiment la solution de cette question. A la vérité, connaissant le travail de C. Prévost [1], la possibilité d'une double décomposition ne nous avait pas échappé, mais comme l'unique essai, fait sur l'un des corps que nous étudiions, avait abouti à un échec complet, cette réaction n'avait pas autrement retenu notre attention.

Nous avons donc repris l'étude des magnésiens signalés dans notre précédente Note [2] et nous en avons conduit la préparation comparativement, par la méthode de M. Urion et par la nôtre. Quatre séries d'expériences, en général, ont été faites dans chaque cas :

I, par entraînement; II, par la méthode d'Urion en séparant complètement le magnésium en excès; III, par la même méthode en laissant du magnésium libre; IV, en distillant, en l'absence de magnésium libre, environ les deux tiers de l'éther pour entraîner le bromure d'éthyle, suivant le perfectionnement indiqué par M. Urion, lui-même. Les procédés III et IV réalisent la suppression du bromure d'éthyle libéré, en tant que facteur de l'équilibre, le premier en retransformant ce bromure d'éthyle en organomagnésien, $C^2H^5MgBr$; le dernier, en éliminant ce corps en nature.

Si la réaction d'Urion était seule en cause dans le phénomène qui nous occupe, le procédé III devrait permettre, avons-nous pensé, avec une quantité limitée de bromure d'éthyle, la transformation à peu près intégrale de l'halogénure considéré en magnésien, sans même que l'insolubilité de celui-ci ait à intervenir, à condition toutefois qu'il n'y ait pas colmatage du magnésium.

L'expérience montre, au contraire, que, dans la méthode par entraînement, la quantité optima de bromure d'éthyle à employer est nettement de l'ordre d'une molécule par groupement MgX à engendrer sur le corps étudié.

Cette constatation est tout à fait en faveur de l'hypothèse de la formation d'un complexe d'association des deux magnésiens.

Voici d'ailleurs les résultats obtenus dans notre étude comparative.

La méthode par entraînement a été employée comme nous l'avons dit précédemment et de telle manière que la réaction dure deux heures; et les procédés d'Urion, modifiés (III) ou non (II et IV) ont été étudiés pendant la même durée et avec la même concentration pour permettre la comparaison. Les détails opératoires seront donnés ailleurs.

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 49, 1931, p. 1374.
(2) *Loc. cit.*

1° *Bromovératrol* (Hu Chia Hsi). — Le rendement a été déterminé par carbonatation du magnésien et isolement de l'acide vératrique. I en a donné 36 pour 100; II, III et IV n'en ont fourni qu'une trace impondérable.

2° *p-Dibromobenzène* (Hu Chia Hsi). — Avec $2^{mol}$ de bromure d'éthyle mélangées au monomagnésien, Br-$C^6H^4$MgBr, normalement préparé, I donne un rendement de 40 pour 100 en dimagnésien, alors qu'Urion n'a pas dépassé 15 pour 100.

3° *p-Bromobromure de benzyle* (Daniel Y. Chang). — Les rendements ont été déterminés en hydrolysant le mélange des magnésiens et en isolant les hydrocarbures formés, sauf l'éthane : le toluène qui résulte du dimagnésien et le *p*-méthyléthylbenzène engendré par la réaction de $C^2H^5$MgBr sur le Br nucléaire (non déterminé dans les expériences II et III)

| | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|
| Toluène (%) | 40 | 5,5 | 10 | 11 |
| Méthyléthyl Br | 18 | » | » | 21,5 |

4° *Pentaméthylbromobenzène* (H. Clément). — La méthode par entraînement donne, comme on l'a déjà signalé, des rendements de 80 à 82 pour 100. La méthode d'Urion n'a permis d'isoler, dans les meilleures conditions (III), que quelques milligrammes d'acide pentaméthylbenzoïque. En hydrolysant sans carbonater, on a pu, dans une expérience sur $25^g$ de bromure, isoler $1^g$ de pentaméthylbenzène, soit une transformation de 7,5 pour 100. Cette étude répétée par un autre élève (D. Y. Chang) a donné les mêmes résultats.

En revanche, quand on s'adresse à des corps dans lesquels l'halogène a une mobilité suffisante les résultats fournis par notre méthode et par celle d'Urion (sous sa forme IV) paraissent être à peu près de même ordre. Ainsi le pentaméthylbromure de benzyle (H. Clément) transformé en magnésien, puis traité par le benzaldéhyde, a donné, dans les deux cas, le pentaméthylstilbène $(CH^3)^5C^6CH=CH-C^6H^5$, avec un rendement de 45 à 46 pour 100.

En résumé, avec les corps que nous avons étudiés, la méthode d'Urion ne donne que des résultats insignifiants ou qui atteignent, tout au plus, dans les cas les plus favorables, environ le quart de ce que donne la méthode par entraînement. Dans le cas du *p*-dibromobenzène le rendement de la méthode d'Urion est légèrement plus élevé, 15 pour 100 (contre 40 pour 100), mais il faut noter qu'en appliquant la méthode ordinaire avec quelques précautions, Quelet [1] a obtenu le dimagnésien avec un rendement presque égal, 12,8 pour 100.

L'intéressant échange fonctionnel mis en lumière par Prévost et repris par Urion est donc tout à fait insuffisant pour expliquer le phénomène que

[1] *Bull. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 933.

nous avons rencontré; tout au plus intervient-il partiellement dans les cas où l'halogène jouit d'une mobilité relative. Nous persistons donc à penser, sous toutes réserves, qu'il est permis de supposer que le bromure d'éthylmagnésium provoque un décapage du métal en donnant, avec le magnésien cherché, un complexe plus soluble que ce magnésien pris isolément, ou ne provoquant qu'à un degré moindre le colmatage de la surface métallique.

M. **R. Bourgeois**, président de l'Union géographique internationale, présente à l'Académie les *Comptes rendus du Congrès international de Géographie*. Paris, 1931.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Physique générale en remplacement de M. *P. Villard* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 56,

| | | |
|---|---|---|
| M. Paul Langevin | obtient ....... | 30 suffrages |
| M. Henri Abraham | » ....... | 13 » |
| M. Jean Becquerel | » ....... | 12 » |

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Paul Langevin**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Les fascicules IX, X, XI de l'*Atlas d'Algérie et de Tunisie*, par Augustin Bernard et R. de Flotte de Roquevaire. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

2° *Liaisons rotatives à couples d'emboîtement. Théorie générale et Joint homocinétique*, par F.-E. Myard. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

3° M^lle^ Aimée Camus. *Les Chênes. Monographie du genre* Quercus. *Atlas*, Tome I. *Sous-genre* Cyclobalanopsis. *Sous-genre* Euquercus (*Sections* Cerris *et* Meso-balanus). (Présenté par M. L. Blaringhem.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés extrémales des polynomes trigonométriques.* Note de M. **J. Geronimus.**

I. *Trouver les valeurs extrémales de l'expression linéaire*

$$\omega(\mathrm{P})=\sum_{k=n-s}^{n}(a_k\alpha_k+b_k\beta_k), \tag{1}$$

*dépendant des coefficients d'un polynome trigonométrique*

$$\mathrm{P}(\theta)=\alpha_0+\sum_{k=1}^{n}(\alpha_k\cos k\theta+\beta_k\sin k\theta), \tag{2}$$

*d'ordre $\leqq n$ soumis à la condition suivante :*

$$\mathrm{L}(\mathrm{P})=\int_{-\pi}^{\pi}|\mathrm{P}(\theta)|\,d\theta=1. \tag{3}$$

Dans le cas où $s\leqq[n-1/2]$, on trouve

$$\frac{|\omega(\mathrm{P})|}{\mathrm{L}(\mathrm{P})}\leqq\frac{1}{4}\delta_0, \tag{4}$$

où $\delta_0$ est la plus grande racine de l'équation séculaire

$$\begin{vmatrix} -\delta & 0 & \dots & 0 & \bar c_{n-s} & \bar c_{n-s+1} & \dots & \bar c_n \\ 0 & -\delta & \dots & 0 & 0 & \bar c_{n-s} & \dots & \bar c_{n-1} \\ \cdot & \dots & \dots & \cdot & \cdot & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & -\delta & 0 & 0 & \dots & \bar c_{n-s} \\ c_{n-s} & 0 & \dots & 0 & -\delta & 0 & \dots & 0 \\ c_{n-s+1} & c_{n-s} & \dots & 0 & 0 & -\delta & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \cdot & \cdot & \dots & \dots & \cdot \\ c_n & c_{n-1} & \dots & c_{n-s} & 0 & 0 & \dots & -\delta \end{vmatrix}=0, \tag{5}$$

où

$$c_k=b_k-ia_k \qquad (k=n-s,\ n-s+1,\ \dots,\ n).$$

Le polynome trigonométrique $\overline{\mathrm{P}}(\theta)$, qui réalise ce maximum, est (à un facteur constant près)

$$\overline{\mathrm{P}}(\theta)=\frac{\mathrm{F}^2(z)-\overline{\mathrm{F}}^2(z)}{i}=2\mathrm{R}^2\sin[(n-2s)\theta+2\vartheta], \qquad z=e^{i\theta}, \tag{6}$$

où nous avons posé

$$(7)\quad \left\{\begin{array}{l} \mathrm{F}(z) = z^{\frac{n}{2}-s}(u_0 z^s + u_1 z^{s-1} + \ldots + u_s), \\ \overline{\mathrm{F}}(z) = z^{-\left(\frac{n}{2}-s\right)}\left(\frac{\overline{u_0}}{z^s} + \frac{\overline{u_1}}{z^{s-1}} + \ldots + \overline{u_s}\right); \\ u_0 z^s + u_1 z^{s-1} + \ldots + u_s = \mathrm{R}\, e^{i\vartheta}; \end{array}\right.$$

les nombres $u_k$ ($k = 0, 1, \ldots, s$) peuvent être calculés par les équations suivantes :

$$(8)\quad \left\{\begin{array}{ll} \delta_0 u_{s-k} = \sum_{i=0}^{k} u_{n-r}\bar{c}_{n-r-s+k} & (k = 0, 1, 2, \ldots, s), \\ u_{n-r} = \overline{u_r} & (r = 0, 1, 2, \ldots, s). \end{array}\right.$$

En particulier, en posant $\alpha_0 = \alpha_1 = \ldots = \alpha_n = 0$, nous retrouverons nos résultats sur les propriétés extrémales analogues des polynomes ([1]).

II. Considérons maintenant le polynome trigonométrique

$$(9)\quad \mathrm{P}^*(\theta) = \frac{[\mathrm{F}(z) + i\overline{\mathrm{F}}(z)]^2}{i} = \overline{\mathrm{P}}(\theta) + 2|u_s z^s + u_1 z^{s-1} + \ldots + u_s|^2 \qquad (z = e^{i\theta});$$

on trouve facilement qu'il est non négatif.

On peut démontrer *que* $\mathrm{P}^*(\theta)$ *est le polynome trigonométrique qui réalise le maximum de* $\omega(\mathrm{P})/\mathrm{L}(\mathrm{P})$ *entre tous les polynomes trigonométriques non négatifs d'ordre* $\leq n$.

On démontre de plus que *la valeur maximale de* $\omega(\mathrm{P})/\mathrm{L}(\mathrm{P})$ *est, pour un polynome trigonométrique non négatif,* $\pi/2$ *fois plus petite que pour un polynome trigonométrique quelconque de même ordre.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Transformations sélectives. Application à l'analyse des mélanges de sinusoïdes.* Note ([2]) de M. **M. Lévy**, présentée par M. M. Brillouin.

Dans un Mémoire fondamental ([3]), M. Labrouste a donné le principe d'une nouvelle méthode d'analyse des mélanges de fonctions périodiques.

---

([1]) J. Geronimus, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 887 et 1205.

([2]) Séance du 18 juin 1934.

([3]) *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, 7, 1929, p. 190. Voir également 9, 1931, p. 99; 11, 1933, p. 93 et 170.

Il a montré qu'en faisant certaines transformations sur une sinusoïde, on pouvait obtenir une autre sinusoïde de même période, et d'amplitude fonction de la nature des transformations et de la fréquence de la courbe.

J'ai remarqué qu'on pouvait généraliser les principes contenus dans ce travail et j'en ai déduit, en particulier, une nouvelle méthode d'analyse des mélanges de fonctions périodiques [1].

*Principe.* — Considérons une sinusoïde $\sin \omega t$, et calculons l'intégrale

$$\varphi(t_0) = \int_{t_0-\alpha}^{t_0+\alpha} Y(t-t_0) \sin \omega t \, dt, \tag{1}$$

où $Y(t-t_0)$ est une fonction, définie dans l'intervalle $(t_0-\alpha)(t_0+\alpha)$, que nous appellerons *courbe de transformation* Y. Ramenons l'origine du temps au point $t_0$ par le changement de variable $t' = t - t_0$ et posons $t_0 = \tau$; il vient

$$\varphi(\tau) = \int_{-\alpha}^{+\alpha} Y(t') \sin \omega (t' + \tau) \, dt' = \sqrt{A^2+B^2} \sin\left(\omega\tau + \theta\right) \tag{2}$$

avec

$$A(\omega) = \int_{-\alpha}^{+\alpha} Y(t') \sin \omega t' \, dt', \qquad B(\omega) = \int_{-\alpha}^{+\alpha} Y(t') \cos \omega t' \, dt', \qquad \operatorname{tang} \theta = \frac{A}{B}.$$

On voit que l'opération précédente a pour effet de transformer une sinusoïde en une autre, que nous appellerons transformée, de même fréquence, mais d'amplitude et de phase différentes.

L'équation précédente montre également que, pour une courbe de transformation donnée, l'amplitude de la transformée est fonction de la fréquence de la sinusoïde à transformer. Les transformations précédentes sont donc sélectives et la courbe de sélectivité est donnée par l'équation

$$\sqrt{A^2+B^2} = g(\omega).$$

On peut simplifier la conclusion précédente si l'on suppose que $Y(t')$ est une fonction paire. Dans ce cas, on a $A = 0$ et $\theta = 0$. D'où

$$\varphi(\tau) = B(\omega) \sin \omega\tau;$$

par suite :

*Si $Y(t')$ est paire, la transformation d'un mélange de fonctions périodiques*

---

[1] Je signale qu'on trouve dans le premier Mémoire de M. Labrouste, page 193, une formule qu'il suffit de mettre sous forme d'intégrale pour obtenir une généralisation analogue à celle que je développe dans cette Note.

*conserve la fréquence et la phase de chaque composante sinusoïdale et ne modifie que son amplitude.*

*Étude de la sélectivité.* — $B(\omega)$ caractérise la sélectivité d'une transformation paire. Pour étudier la correspondance entre la courbe de sélectivité et la courbe de transformation, développons cette dernière en série de Fourier dans l'intervalle $(-\alpha, +\alpha)$. L'intégrale donnant la valeur de $B(\omega)$ étant linéaire en $Y(t)$.

*La courbe de sélectivité d'une transformation paire s'obtient en prenant la résultante des courbes de sélectivité de chaque composante du développement en série de la courbe de transformation.*

L'étude revient donc à déterminer la sélectivité d'une courbe de transformation de la forme $\cos n\omega' t$ définie dans l'intervalle $(-\alpha, +\alpha)$, c'est-à-dire entre $-\pi/\omega'$ et $+\pi/\omega'$. On a

$$B_n = \int_{-\frac{\pi}{\omega'}}^{+\frac{\pi}{\omega'}} \cos n\omega' t \;\cos\omega t\, dt.$$

Pour faire le calcul il est commode de poser $\omega = (n+\varepsilon)\omega'$, $\varepsilon$ caractérisant l'écart entre la fréquence de la courbe à transformer et la courbe sinusoïdale de transformation. On trouve, tous calculs faits,

$$(3) \qquad \frac{\pi}{\omega}\left[\frac{\sin\pi\varepsilon}{\pi\varepsilon} + \frac{\sin\pi(2n+\varepsilon)}{\pi(2n+\varepsilon)}\right].$$

La courbe de sélectivité $B_n = f(\varepsilon)$ présente toujours un maximum prédominant pour $\varepsilon = 0$. On voit donc *que la transformation précédente est sélective et que la fréquence la plus favorisée est celle de la sinusoïde de transformation.*

De l'équation (3) on peut tirer une autre propriété également intéressante. Considérons une famille de courbes de transformation paires, sinusoïdales, de même période et définies entre $-n\pi/\omega'$ et $+n\pi/\omega'$ où $n$ prend successivement les valeurs 1, 2, 3, .... Les courbes de sélectivité, correspondant à la famille précédente, s'obtiennent très facilement en partant de l'équation (3); on trouve que *la sélectivité est d'autant plus grande que le nombre n de périodes (ou la largeur $-n\pi/\omega'$ à $+n\pi/\omega'$) de la courbe de transformation est plus grande.*

*Application à l'analyse des courbes.* — Ces transformations peuvent se faire très rapidement à l'aide d'un appareil sensiblement analogue à un

microphotomètre enregistreur et comprenant les mêmes éléments constructifs, mais s'en distinguant par les caractéristiques suivantes :

*a.* Le faisceau lumineux traverse deux plaques : sur l'une est enregistrée la courbe de transformation (enregistrement à densité variable) et sur l'autre la courbe à analyser.

*b.* La plage lumineuse a une largeur égale à $2\alpha$ et couvre, par suite, toute la courbe de transformation.

Cet ensemble permet d'obtenir instantanément l'intégrale (2) et, en déplaçant l'enregistrement à analyser d'une façon continue, de tracer la courbe transformée. En réalité, il s'y ajoute une courbe parasite parce qu'un flux lumineux ne peut prendre des valeurs négatives; mais on peut l'éliminer par des procédés simples qu'il serait très long de décrire ici.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques problèmes généralisés de Dirichlet-Neumann pour les aires multiplement connexes.* Note de M. **Caïus Jacob**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons, dans le plan $z = x + iy$, un domaine $(\Omega)$, d'un seul tenant, multiplement connexe, dont la frontière est formée d'une courbe extérieure $(C_0)$ et des courbes fermées intérieures $(C_j)$ $(j = 1, 2, \ldots, p)$; $(D_k)$ $(k = 1, 2, \ldots, q)$, sans aucun point commun. On suppose que leur courbure varie d'une façon continue.

Nous étudions les problèmes suivants : I. *Déterminer une fonction analytique* $F(z) = U + iV$, *régulière en chaque point de* $(\Omega)$, *uniforme* [*ou pouvant avoir des périodes cycliques imaginaires autour des* $(C_j)$, *réelles autour des* $(D_k)$], *connaissant les suites de valeurs continues* $\varphi_0(s)$, $\varphi_j(s)$, *que prend* U *sur* $(C_0)$, $(C_j)$ *et* $\psi_k(s)$ *prises par* V *sur les* $(D_k)$; II. *Déterminer* $F(z) = U + iV$, *connaissant les valeurs* $g_0(s)$, $g_j(s)$ *que prend* $dU/dn$ *sur* $(C_0)$, $(C_j)$ *et les valeurs* $h_k(s)$ *prises par* $dV/dn$ *sur* $(D_k)$.

Par une extension convenable de la méthode classique de Fredholm, nous cherchons la solution du problème I sous la forme

$$(1) \qquad \Phi(z_0) = \frac{1}{i} \sum_{j=0}^{p} \int_{(C_j)} \mu_j(s) \frac{dz}{z - z_0} + \sum_{k=1}^{q} \int_{(D_k)} \nu_k(s) \frac{dz}{z - z_0} + iC,$$

$\mu_j(s)$, $\nu_k(s)$ étant des fonctions réelles de l'arc $s$. L'intégration est faite dans le sens direct par rapport à $(\Omega)$.

Pour le problème (II) on pose,

$$(2)\quad \Psi(z_0) = \sum_{j=0}^{p} \int_{(C_j)} \bar{\mu}_j(s)\, e^{-i\alpha_j} \log\frac{1}{z-z_0}\, dz + i \sum_{k=1}^{q} \int_{(D_k)} \bar{\nu}_k(s)\, e^{-i\beta_k} \log\frac{1}{z-z_0}\, dz,$$

en désignant par $\alpha_j$, $\beta_k$ les angles que font avec $Ox$ les tangentes, positives par rapport à $(\Omega)$, des courbes $(C_j)$, $(D_k)$.

Les formules (1) et (2) conduisent à deux systèmes de $p+q+1$ équations de Fredholm. La discussion de ces systèmes permet d'énoncer les résultats suivants (en supposant $q \geqq 1$) :

1° Le système (I) homogène admet $p+q$ solutions effectives distinctes.

2° On peut trouver $p+q-1$ fonctions analytiques, linéairement distinctes, à périodes cycliques, dont les parties réelles prennent des valeurs constantes sur $(C_0)$, $(C_j)$, les parties imaginaires étant constantes sur $(D_k)$.

3° On peut trouver une fonction analytique $f(z)$, dont la partie réelle prenne des valeurs constantes données sur $(C_0)$, $(C_j)$ et dont la partie imaginaire prenne des valeurs constantes données sur $(D_k)$. Les périodes cycliques de cette fonction ne sont nulles que si elle se réduit à une constante.

4° Le problème I admet une solution unique, laquelle n'est uniforme que si les données vérifient les $p+q-1$ conditions obtenues par l'élimination de la constante C du système

$$(3)\quad \sum_{j=0}^{p} \int_{(C_j)} \mu_j^{(\rho)}(s)\, \varphi_j(s)\, ds + \sum_{k=1}^{q} \int_{(D_k)} \nu_k^{(\rho)}(s)\, [\psi_k(s) - C]\, ds = 0 \qquad (\rho = 1, 2, \ldots, p+q),$$

où $\mu_j^{(\rho)}(s)$, $\nu_k^{(\rho)}(s)$ représentent les $p+q$ solutions linéairement indépendantes du système homogène de Fredholm correspondant au problème II extérieur.

Lorsque ces conditions sont satisfaites, la solution est représentable sous la forme (1). Dans le cas contraire, elle est donnée par

$$F(z) = \Phi(z) + f(z),$$

$f(z)$ étant la fonction définie plus haut (3°).

5° Le problème II admet une solution moyennant la condition

$$(4)\qquad \sum_{j=0}^{p} \int_{(C_j)} g_j(s)\, ds = 0.$$

La solution, représentable sous la forme (2), est unique, à une constante près. Elle n'est uniforme que si l'on a

$$(5)\quad \int_{(C_j)} g_j(s)\,ds = 0 \quad (j=1, 2, \ldots, p); \qquad \int_{(D_k)} h_k(s)\,ds = 0 \quad (k=1, 2, \ldots, q).$$

*Corollaire.* — On peut construire une fonction de Green $\Gamma(z, z_0) = G + iH$, ayant les propriétés suivantes : *a*, $\Gamma(z, z_0) + \log(z - z_0)$ est régulière en chaque point $z$ de $(\Omega)$, *b*, $G = 0$ si $z$ est sur $(C_j)$, $H = 0$ si $z$ est sur $(D_k)$.

La fonction de Green pour l'anneau circulaire, de rayons 1 et $q = e^{-\pi\omega_3/i\omega_1}$, est

$$(6)\qquad \Gamma(z, z_0) = \log\left[\frac{\sigma(u - \overline{u}_0)\,\sigma_3(u - u_0)}{\sigma(u - u_0)\,\sigma_3(u - \overline{u}_0)}\right],$$

en posant $u = \omega_1/i\pi \log z$, et en choisissant convenablement la détermination du logarithme. Les fonctions elliptiques qui interviennent sont construites avec les périodes $2\omega_1$, $4\omega_3$. En partant de la fonction de Green ainsi introduite, on peut retrouver, par une autre voie, certaines formules de M. H. Villat [1], résolvant effectivement les problèmes (I) et (II) pour l'anneau circulaire.

La méthode employée nous permet de généraliser les problèmes considérés dans une Note [2] antérieure, ainsi que de ramener, moyennant certaines hypothèses, les problèmes aux limites de Poincaré et de M. Hilbert à des équations intégrales non singulières, sans aucune itération préalable.

L'emploi systématique d'une deuxième solution fondamentale, non uniforme, des équations linéaires du type elliptique, à côté de celle de M. E. Picard, permet d'étudier d'une façon analogue les problèmes aux limites concernant les couples de fonctions conjuguées de Beltrami.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Intégrales doubles de Cauchy et fonctions monogènes généralisées.* Note de M. **Renato Caccioppoli**, présentée par M. Émile Borel.

1. Une intégrale double de Cauchy est de la forme

$$(1)\qquad f(z) = \iint \frac{\varphi(\xi, \eta)\,d\xi\,d\eta}{\zeta - z} \qquad (z = x + iy,\ \zeta = \xi + i\eta),$$

(1) *Acta mathematica*, 40, 1916, p. 130.
(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1363.

l'intégration étant étendue à tout le plan, et la fonction $|\varphi|$ (*densité*) étant sommable; nous admettrons d'abord, pour simplifier, que $\varphi$ soit continue.

Si $\varphi(z_0) = 0$, la fonction $f(z)$ admet au point $z_0$ une dérivée unique par rapport à $z$ : $f$ est donc une fonction analytique dans tout domaine W où $\varphi = 0$; et réciproquement, on démontre aisément qu'une fonction analytique quelconque peut être représentée par la formule (1) dans tout domaine borné intérieur à son champ d'existence, moyennant un choix convenable de la fonction $\varphi$. Considérons plus généralement la fonction $f$ sur un ensemble quelconque d'un seul tenant E, où $\varphi = 0$ : cette condition entraîne toujours la dérivabilité mais non pas la *monogénéité*, c'est-à-dire que deux fonctions telles que $f$ peuvent coïncider au voisinage d'un point de E sans coïncider partout ailleurs.

On est amené, par ces remarques, à se poser le problème suivant : Peut-on déduire la monogénéité de l'hypothèse que $\varphi$ tend assez rapidement vers zéro dans le voisinage de E, sans toutefois s'y annuler identiquement? et, s'il en est ainsi, quels types infinitésimaux peut-on admettre pour la densité $|\varphi|$? La réponse à la première question est affirmative; quant à l'autre, rappelons que M. Borel (¹) a étudié le cas d'une droite, à l'aide des développements (M), et obtenu la condition suffisante $\log[-\log|\varphi(\xi, \eta)|] \geqq 1/r^p$, $r$ désignant la distance du point $(\xi, \eta)$ à la droite, et $p$ étant un nombre quelconque $> 1$.

2. J'ai envisagé le cas général d'un ensemble E borné, parfait et d'un seul tenant. Soit $r$ la distance du point $(\xi, \eta)$ à E, et désignons par $A(\rho)$ l'aire de l'ensemble des points pour lesquels $r \leqq \rho$. J'ai démontré le théorème suivant :

*Si, à partir d'une valeur suffisamment petite de* $r$, *on a*

$$\log[-\log|\varphi(\xi, \eta)|] \geqq \frac{A(r)}{r^{2+\varepsilon}},$$

$\varepsilon$ *étant une constante positive arbitraire, la fonction* $f(z)$ *est déterminée sur* E *par ses valeurs au voisinage d'un point quelconque; plus précisément* [$f(z)$ *étant indéfiniment dérivable sur* E] *la connaissance d'un développement (divergent) de Taylor entraîne la connaissance de la valeur de la fonction en tout point de* E.

$r^2/A(r)$ est un infiniment petit dont l'ordre par rapport à $r$ est compris

(¹) *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 1491; *Congrès de Cambridge*, août 1912; *Leçons sur les fonctions monogènes uniformes*, 1917.

entre 1 et 2. *On obtient donc en tout cas des fonctions monogènes si* $\log(-\log|\varphi|) \leqq r^{-2-\varepsilon}$; *si l'ensemble* E *est une courbe rectifiable, on peut remplacer l'exposant de r par* $-1-\varepsilon$.

On retrouve ainsi comme cas particulier le résultat de M. Borel.

3. Ces résultats s'étendent d'eux-mêmes aux expressions de la forme générale

$$f(z) = \int \frac{d\mu}{\zeta - z}, \tag{2}$$

l'intégrale étant prise au sens de Stieltjes par rapport aux masses complexes $\mu$, réparties sur le plan d'une façon quelconque. Il n'y a qu'à remplacer dans les inégalités précédentes la densité $|\varphi|$ par la *densité moyenne*

$$\psi = \frac{1}{\pi r^2} \int_c |d\mu|$$

dans un cercle de rayon $r$, dont le centre est un point arbitraire de E. Les intégrales simples rentrent dans le type (2), de même que les séries $\Sigma A_n/(z-\alpha_n)$, étudiées par plusieurs auteurs au point de vue de la décroissance des coefficients $A_n$.

Au point de vue de la répartition des masses, il ressort du théorème précédent que la raréfaction au voisinage de E, entraînant la monogénéité, dépend de ce qu'on peut appeler l'*ordre dimensionnel* de E; cette définition est d'ailleurs un peu simpliste (comme l'est la notion jordanienne de mesure par rapport à celle de Borel), mais n'en paraît pas moins utile dans nombre de questions (1).

Quoi qu'il en soit, le problème se pose de savoir si nos inégalités ne pourraient pas être remplacées par d'autres *essentiellement* moins restrictives. On peut remarquer à ce sujet qu'*une inégalité de la forme* $\log(-\log\psi) \geqq r^{-p}$, *où* $p > 1$, *serait insuffisante*. Donnons-nous en effet l'intégrale

$$f(z) = \int \frac{e^{-e^{\zeta - n}}}{\zeta - z} d\zeta \qquad (n \text{ entier positif}),$$

prise le long d'un contour simple, dans le demi-plan $x > 0$, ayant au voisi-

(1) Voir les travaux de M. Bouligand, et particulièrement son Mémoire *Ensembles impropres et nombre dimensionnel* (*Bull. des Sc. math.*, 2e série, 52, 1928, p. 320 et 361). M. Bouligand a proposé depuis la dénomination d'*ordre* (C. M.) (de Cantor-Minkowski).

nage de l'origine l'équation $y = \pm x^{n+2}$. La fonction $f(z)$, définie pour toute valeur réelle suffisamment petite de $z$, a la valeur *zéro* ou $e^{-e^{z^{-n}}}$ selon que $z \leqq 0$ ou $z > 0$; tandis que l'inégalité précédente est satisfaite si $p < n/n+2$.

THERMOMÉTRIE. — *Le contrôle de la régularité de graduation d'un thermomètre*. Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Cotton.

Lorsqu'on fait, avec un thermomètre, une mesure *isolée*, on peut commettre une erreur, qui dépend de la précision absolue de l'instrument.

Mais le thermomètre sert souvent à déterminer *de très faibles variations de température*, soit que par leur succession elles définissent la loi de l'échauffement d'un calorimètre en fonction du temps (mesures de conductibilité), soit qu'elles en représentent l'échauffement-limite (calorimétrie classique).

Peu importe cette fois qu'au point de vue absolu chaque graduation soit fausse; il faut seulement que la variation $\Delta N$ lue sur la graduation, soit dans un rapport voisin de 1 avec la variation cherchée $\Delta T$ de la température du calorimètre. On est en quelque sorte conduit à *déterminer la dérivée* $dN : dT$.

Cette détermination pourrait être faite par un étalonnage absolu extrêmement soigné. La température exacte T, correspondant à chaque division N, devrait être mesurée avec une précision nettement supérieure à celle que définit la fidélité du thermomètre. Nous verrons tout à l'heure que cette opération, toujours extrêmement pénible, serait à la limite des possibilités expérimentales.

Nous avons tiré du phénomène des *échanges thermiques* un moyen, aussi simple que précis, de mesurer *directement* $dN : dT$.

Le thermomètre est plongé à cet effet dans le réservoir d'un calorimètre séparé d'une enceinte à température $\Theta$, par un isolement imparfait. Supposons d'abord, pour simplifier, que l'échange de chaleur, entre le réservoir et l'enceinte, se fasse proportionnellement à la différence $(\Theta - T)$. Si C est la capacité calorifique du réservoir, R la résistance d'isolement, on a, en exprimant de deux façons la chaleur transmise pendant le temps $dx$, la loi *différentielle*

$$C\,dT = R(\Theta - T)\,dx,$$

d'où l'on tire la dérivée cherchée en observant le temps $dx$ (de l'ordre de 100 à 200 sec., donc facile à mesurer) que met la colonne de mercure à avancer de $dN = 1$ division; on a, si T désigne la température moyenne du calori-

mètre pendant ce temps, et K une constante,

$$\frac{dN}{dT} = K \frac{1}{\Theta - T} \frac{dN}{dx}.$$

On a ainsi, à un facteur constant près, la dérivée $dN : dT$ au voisinage de chacune des graduations N. Pour déterminer le facteur K, on pose que, le thermomètre ayant été bien construit, la moyenne des $dN : dT$, dans un intervalle de température correspondant à une vingtaine de divisions, est égale à 1.

Nous avons étudié ainsi, pour les premiers degrés de l'échelle centigrade, deux thermomètres en verre vert recuit, gradués en dixièmes de degré. L'appareil était un calorimètre du type Berthelot, amélioré en vue de rendre parfaitement défini le phénomène d'échange thermique, entre le calorimètre proprement dit et son enceinte.

Les thermomètres étaient observés à très petite distance, au moyen d'un cathétomètre rudimentaire.

Voici les résultats obtenus, à gauche pour le thermomètre n° 1, à droite pour le thermomètre n° 2 :

| | $dN : dT$. | | | | | | $dN : dT$. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N. | 1re exp. | 2e exp. | 3e exp. | 4e exp. | Moy. | N. | 1re exp. | 2e exp. | Moy. |
| 6°,75.... | 1,022 | 1,012 | 1,026 | 0,978 | 1,012 | 3°,75.... | 1,022 | 0,995 | 1,008 |
| 6,85.... | 0,990 | 0,985 | 0,972 | 0,995 | 0,987 | 3,85.... | 0,978 | 1,022 | 1,000 |
| 6,95.... | 0,987 | 1,017 | 0,977 | 1,010 | 0,998 | 3,95.... | 1,085 | 1,008 | 1,046 |
| 7,05.... | 1,013 | 1,015 | 1,058 | 0,985 | 1,018 | 4,05.... | 1,014 | 1,023 | 1,018 |
| 7,15.... | 1,010 | 0,980 | 0,975 | 0,948 | 0,980 | 4,15.... | 1,002 | 0,989 | 0,996 |
| 7,25.... | 1,008 | 1,022 | 0,974 | 0,994 | 1,000 | 4,25.... | 0,997 | 0,994 | 0,996 |
| 7,35.... | 1,005 | 1,003 | 0,988 | 1,017 | 1,005 | 4,35.... | 0,993 | 1,022 | 1,007 |
| 7,45.... | 1,060 | 1,037 | 1,108 | 1,017 | 1,057 | 4,45.... | 0,988 | 1,017 | 1,002 |
| 7,55.... | 1,012 | 1,026 | 0,978 | 1,025 | 1,012 | 4,55.... | 0,985 | 0,992 | 0,988 |
| 7,65.... | 0,974 | 1,002 | 0,985 | 0,972 | 0,985 | 4,65.... | 0,986 | 0,983 | 0,985 |
| 7,75.... | 0,988 | 0,985 | 1,000 | 1,020 | 1,000 | 4,75.... | 1,041 | 0,989 | 1,015 |
| 7,85.... | 1,005 | 1,017 | 0,960 | 0,980 | 0,992 | 4,85.... | 0,980 | 1,032 | 1,006 |
| 7,95.... | 0,947 | 0,970 | 0,667 | 0,982 | 0,967 | 4,95.... | 0,990 | 0,978 | 0,984 |
| 8,05.... | 1,010 | 0,977 | 1,023 | 1,010 | 1,013 | 5,05.... | 0,984 | 0,986 | 0,985 |
| 8,15.... | 1,000 | 1,083 | 1,007 | 0,998 | 1,022 | 5,15.... | 0,985 | 0,972 | 0,979 |
| 8,25.... | 0,975 | 0,957 | 1,038 | 0,970 | 0,987 | 5,25.... | 0,411 | 1,006 | 0,984 |
| 8,35.... | 1,042 | 1,000 | 0,967 | 1,015 | 1,007 | 5,35.... | 1,032 | 1,022 | 1,027 |
| 8,45.... | 0,974 | 0,978 | 1,048 | 0,987 | 0,998 | 5,45.... | 0,969 | 0,964 | 0,966 |
| 8,55.... | 0,997 | 0,987 | 0,975 | 1,055 | 1,005 | 5,55.... | 1,057 | 0,997 | 1,027 |
| 8,65.... | 0,997 | 0,995 | 1,030 | 1,042 | 1,017 | 5,65.... | 0,982 | 0,995 | 0,989 |
| 8,75.... | 0,972 | 0,935 | 0,953 | 0,972 | 0,960 | 5,75.... | 0,985 | 1,002 | 0,994 |

On remarque tout d'abord que ce mode expérimental permet d'*observer facilement le degré de fidélité* d'un thermomètre, et que cette fidélité, lorsque le thermomètre s'écarte peu de la température ordinaire, est très grande, les écarts ne dépassant guère le cinquantième de 0°,1, soit 0°,002. Par suite, pour déterminer, par étalonnage absolu, le $dN : dT$ avec toute la précision permise par la fidélité, il faudrait mesurer la température vraie mieux qu'au millième de degré.

La moyenne des expériences indique quelques *irrégularités toutes locales* de la graduation, mais aussi *des erreurs ayant un caractère plus continu.* Il en résulterait des altérations assez graves de la *forme* de la courbe $T(x)$, d'un petit échauffement en fonction du temps, si l'on se contentait de relever la courbe $N(x)$, sans faire de correction.

Nous avons réalisé aussi un autre dispositif, permettant d'étudier les thermomètres dans toutes les régions de leur graduation.

Il ne saurait être question d'admettre toujours que l'échange thermique, qui échauffe ou refroidit le calorimètre, soit proportionnel à l'écart de température. On peut en déterminer la loi avec une approximation suffisante, en admettant l'exactitude des thermomètres (calorimètre et enceinte) : dans cette question, il s'agit avant tout de contrôler une *régularité*, et de déterminer une *allure;* le phénomène d'échange thermique qui sert de base à ce contrôle est parfaitement régulier, c'est l'essentiel; si la loi que l'on admet pour le représenter n'est pas tout à fait exacte, tout au moins est-elle très régulière, et l'incertitude qui peut subsister sur la variation du coefficient d'échange thermique, dans le petit intervalle le long duquel on étudie N, ne peut, à cause de la petitesse de cet intervalle devant $(\Theta - T)$, influencer sensiblement l'allure observée de $dN : dT$.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Dispersion et variation thermique de la biréfringence électrique de quelques liquides optiquement actifs.* Note (¹) de M. **Marcel Schwob**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons effectué des mesures d'effet Kerr sur le *tartrate d'éthyle droit* et sur le *tartrate de butyle droit.*

Ces corps présentent des pouvoirs rotatoires dont la dispersion et la variation avec la température sont très anormales. En particu-

(¹) Séance du 18 juin 1934.

lier, le tartrate d'éthyle a été l'objet de nombreuses mesures d'activité optique ([1]). De Mallemann, qui a mesuré sa constante de Kerr dans un petit intervalle de températures, l'a trouvée beaucoup plus variable avec la température que ne le prévoit la loi de Langevin et a émis l'idée que ces anomalies étaient connexes de celles de pouvoir rotatoire ([2]). Enfin R. Lucas a proposé comme explication commune de ces anomalies l'hypothèse de l'existence d'au moins trois formes structurales différentes de l'éther tartrique droit ([3]).

Nous avons utilisé la méthode stroboscopique de R. Lucas et nous-même ([4]) avec un analysateur à quatre plages de Chaumont.

La biréfringence vraie a été calculée en utilisant la formule de de Mallemann. Nous avons fait des mesures pour les trois longueurs d'onde 5780, 5460, 4358 Å.

Nous avons mesuré, en même temps et aux mêmes températures la constante diélectrique, l'indice de réfraction pour les couleurs utilisées et la densité des liquides étudiés.

Les grandeurs mesurées ont été introduites dans l'expression

$$C = \frac{\Gamma.\lambda.n.T}{\left(\frac{K-1}{d}\right)^2\left(\frac{n^2-1}{d}\right)^2}$$

qui constitue l'invariant le plus général dans la théorie de Langevin, pour une molécule non polaire.

($\Gamma$ constante de Kerr, $\lambda$ longueur d'onde de la lumière utilisée, $n$ indice de réfraction pour cette longueur d'onde, T température absolue, K constante diélectrique, $d$ densité.)

Les constantes de Kerr ont été rapportées à celle du sulfure de carbone, prise égale à 100, pour $\lambda = 5460$ Å et à la température de 21° C.

Dans le cas du *tartrate d'éthyle*, où l'on n'a fait de mesures pour la raie 4358 Å qu'à deux températures (8 et 20° C.), on a calculé, pour ces deux températures et les deux longueurs d'onde, la quantité $\Gamma.\lambda.n/(n^2-1)^2$, qui, d'après Havelock, devrait être la même pour les deux radiations.

([1]) Voir en particulier : LOWRY et DICKSON, *Journ. of Chem. Soc.*, **107**, 1915, p. 739, et S. PATTERSON, *ibid.*, **109**, 1916, p. 1139 et 1160.

([2]) DE MALLEMANN, *Ann. de Phys.*, **2**, 1924, p. 99.

([3]) R. LUCAS, *Ann. de Phys.*, **9**, 1928, p. 418.

([4]) R. LUCAS et M. SCHWOB, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1729.

I. — *Biréfringence électrique du tartrate d'éthyle* ($\lambda = 5460^o$).

| Temp. en °C... | 0. | 4. | 10. | 20. | 30. | 40. | 50. | 60. | 70. | 80. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Γ.... | 240 | 220 | 158 | 109 | 84 | 68 | 58 | 52 | 49 | 47 |
| K... | 12,4 | 11,2 | 9,59 | 8,86 | 8,72 | 8,45 | 8,18 | 7,82 | 7,50 | 7,16 |
| *d*.... | 1,219 | 1,218 | 1,213 | 1,209 | 1,198 | 1,189 | 1,178 | 1,166 | 1,152 | 1,148 |
| *n*.... | 1,456 | 1,454 | 1,452 | 1,449 | 1,445 | 1,441 | 1,437 | 1,433 | 1,430 | 1,426 |
| C... | 129 | 150 | 156 | 131 | 108 | 86 | 89 | 89 | 82 | 102 |

II. — *Dispersion de la biréfringence du tartrate d'éthyle.*

| | $t = 8^\circ$ C. | | $t = 20^\circ$ C. | |
|---|---|---|---|---|
| λ en Å............... | 4358. | 5460. | 4358. | 5460. |
| $c = \Gamma\lambda n/(n^2-1)^2$........ | $59_5$ | $63_3$ | $28_5$ | $28_6$ |
| | Dispersion trop faible. | | Dispersion normale. | |

III. — *Biréfringence électrique du tartrate de butyle.*

| *t*° C........ | | 4. | | | 16. | | | 24. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K....... | | 3,50 | | | 3,25 | | | 3,13 | |
| *d*........ | | 1,078 | | | 1,071 | | | 1,064 | |
| λ........ | 436 | 546 | 578 | 436 | 546 | 578 | 436 | 546 | 578 |
| *n*........ | 1,458 | 1,450 | 1,449 | 1,454 | 1,446 | 1,444 | 1,450 | 1,443 | 1,441 |
| Γ........ | 97 | 60 | 57 | 63 | 48 | 46,5 | 36 | 26,5 | 26 |
| C....... | 27,7 | 22,7 | 23,0 | 24 | 24 | 25 | 15,5 | 15 | 15,6 |
| | Dispersion trop faible. | | | Dispersion normale. | | | | | |

En résumé : 1° En ce qui concerne le *tartrate d'éthyle*, nos mesures concordent avec celles de de Mallemann, pour $\lambda = 5460$ Å et dans l'intervalle de températures commun (entre 13 et 26° C.).

2° Les deux liquides ont des zones de variation anormalement rapide de biréfringence électrique avec la température. Dans le cas du tartrate d'éthyle, la loi de Langevin ne paraît être obéie qu'entre 4 et 15° C.

3° Pour les deux corps, la dispersion de biréfringence est, pour certains intervalles de températures, anormalement faible (inférieure à celle prévue par la loi d'Havelock).

Les molécules précédentes ayant un moment permanent [1], la relation à utiliser serait plutôt celle de Born-Debye, qui donne pour la quantité C une variation linéaire, de la forme $aT + b$.

---

(1) Voir pour le tartrate d'éthyle, K. L. Wolf, *Phys. Z.*, 31, 1930, p. 310.

Elle ne rend pas compte non plus des faits expérimentaux.

Par contre l'hypothèse du polymorphisme moléculaire permet encore d'expliquer les faits, en supposant l'existence d'au moins une forme à constante de Kerr négative.

ÉLECTRONIQUE. — *Détermination de la structure des molécules libres de tétrabromo- et tétraiodo-pentaérythrite par la diffraction des électrons.* Note [1] de M. **Henry de Laszlo**, présentée par M. M. de Broglie.

Selon Estermann [2] et Ebert [3], la vapeur et la solution de $C(CH^2Br)^4$ ne possèdent aucun moment dipôle. Wagner et Dengel [4] ont essayé de déterminer la structure de certains de ces dérivés par les méthodes cristallographiques basées sur les rayons X. Nous avons trouvé que leurs résultats ne sont pas applicables en ce qui concerne l'état de vapeur.

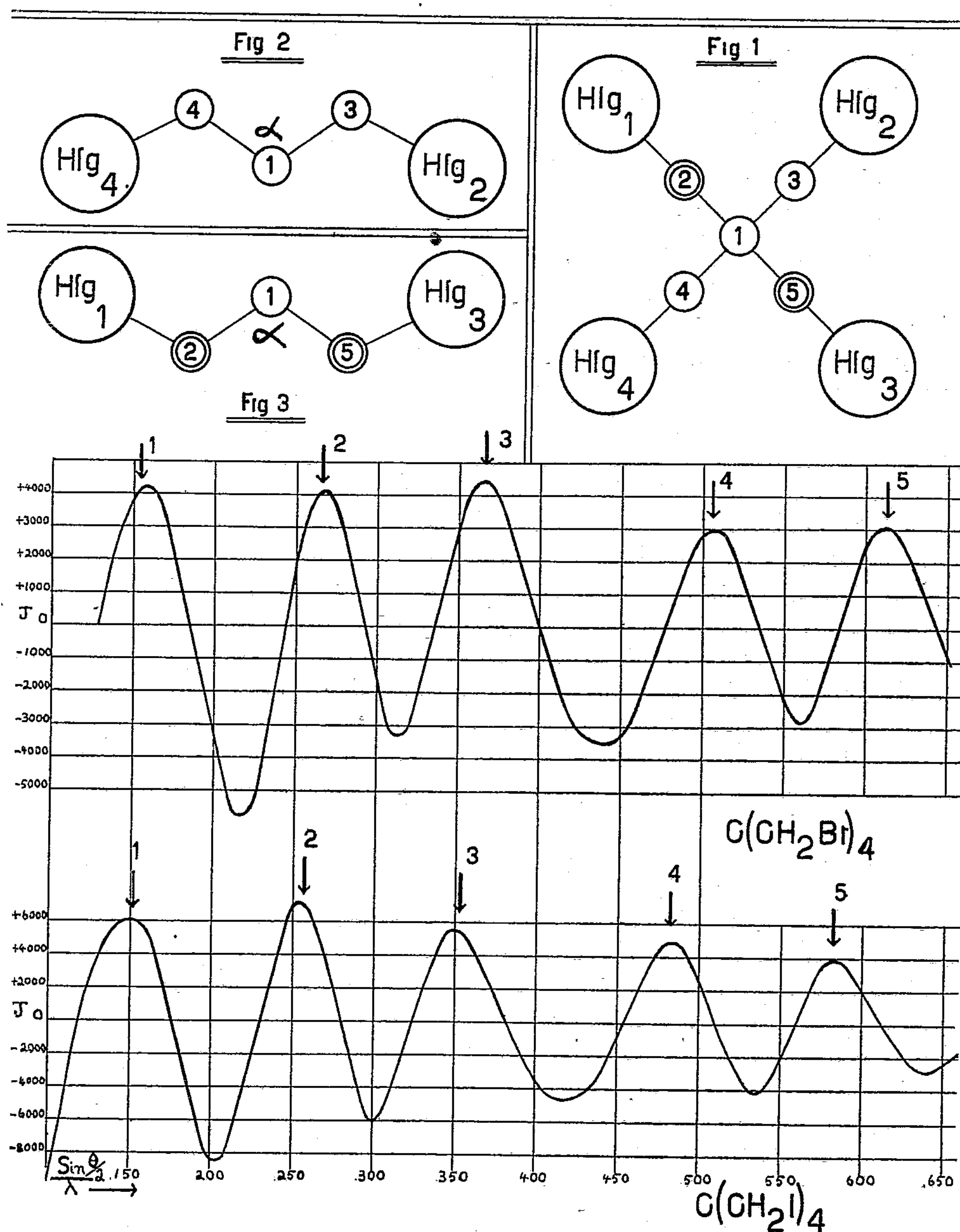
La question de la structure moléculaire des pentaérythrites étant importante au point de vue stéréochimique, nous avons essayé de la résoudre au moyen d'une nouvelle technique de diffraction des électrons basée sur les travaux de Wierl, et dont les détails seront publiés ailleurs.

Nous avons calculé la distribution d'intensité des électrons diffusés par les molécules libres pour un certain nombre de modèles théoriquement possibles (J). Or nous avons pu constater qu'un seul modèle était correct, c'est-à-dire que les maxima de la courbe des valeurs de $(\sin\theta/2)/\lambda$ de ce modèle théorique correspondent bien avec les valeurs mentales. La structure de ce modèle est la suivante (voir fig. 1) :

Les quatre halogènes (Hlg) se trouvent aux coins d'un carré dont les diagonales mesurent 6,3 Å pour le dérivé iodé et 6,0 Å pour le dérivé bromé. Les cinq atomes C sont représentés par les chiffres 1-5 entourés de petits cercles, nous avons désigné par 1 le carbone qui se trouve au centre du carré, et dans le même plan que les atomes halogènes, tandis que les carbones 2-5 sont répartis sur deux autres plans de façon que l'angle $\alpha$, qui mesure 109°,5, représente celui d'un tétraèdre (voir les sections fig. 2 et 3). Les distances entre les atomes de carbone valent 1,54 Å, celles entre C-Br

(1) Séance du 23 mai 1934.
(2) *Z. Ph. Ch.*, 1, 1928, p. 110.
(3) *Z. Ph. Ch.*, 2, 1929, p. 287.
(4) *Z. Ph. Ch.*, 16, 1932, p. 382.

sont de 1,94 Å et celles entre C-I de 2,10 Å, en ne tenant pas compte des




interférences causées par les liaisons C-C, C-H et H-H; celles-ci étant négligeables à cause de la très faible amplitude de leurs intensités. Nous

calculons, pour le composé *tétrabromo-pentaérythrite*,

$$J = 2 \times 35^2\left(2\frac{\sin 4,24}{4,24} + \frac{\sin 6,0}{6,0}\right) + 35 \times 6 \times 4\left(\frac{\sin 3,0}{3,0} + \frac{\sin 1,94}{1,94} + \frac{\sin 4,36}{4,36} + 2\frac{\sin 3,34}{3,34}\right),$$

et, pour le composé *tétraiodo-pentaérythrite*, une expression analogue.

Les deux courbes théoriques sont figurées ci-contre, tandis que les flèches numérotées indiquent les positions des maxima qui ont été trouvées au cours de nos expériences. La concordance nous paraît suffisamment complète pour pouvoir servir de preuve définitive pour la structure moléculaire décrite plus haut.

Les valeurs exactes $(\sin\theta/2)/\lambda$ des maxima trouvés dans les deux dérivés sont représentées dans la table suivante :

| Numéro de l'anneau. | Tétrabromo-pentaérythrite. Temp. de la vap. = 145° C. | | Tétraiodo-pentaérythrite. Temp. de la vap. = 200° C. | |
|---|---|---|---|---|
| | Exp. | Théorie. | Exp. | Théorie. |
| 1 | 154 | 160 | 152 | 150 |
| 2 | 265 | 267 | 258 | 258 |
| 3 | 366 | 366 | 355 | 350 |
| 4 | 507 | 507 | 482 | 484 |
| 5 | 615 | 613 | 581 | 584 |

DIAMAGNÉTISME. — *Le diamagnétisme des ions.* Note de M. L. **Abonnenc**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai mesuré, par la méthode des gouttes tombantes [1], les coefficients de susceptibilité magnétique de solutions aqueuses de chlorures métalliques, de quelques fluorures, bromures et iodures et calculé en appliquant la loi d'additivité, la susceptibilité $\chi_0$ du sel dissous et sa susceptibilité moléculaire $\chi_m$.

Pour augmenter la précision avec laquelle est obtenue la susceptibilité du sel, j'ai calculé les valeurs $\chi_0$ en utilisant plus spécialement les résultats numériques relatifs aux solutions concentrées.

---

(1) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1395.

Je me suis toujours assuré que la solution expérimentée ne contenait pas de sels de métaux magnétiques, particulièrement des sels de fer, dont la présence, même en faible quantité, entraîne une diminution appréciable de la valeur absolue de la susceptibilité de la solution. Les sels à étudier, qui contenaient des traces de sel de fer, ont été ou éliminés ou purifiés avec soin.

La connaissance du diamagnétisme de l'ion $Cl^-$ permet de déduire, des valeurs de $\chi_m$ relatives aux chlorures, le diamagnétisme du cation.

Pour faciliter la comparaison des résultats avec ceux d'autres expérimentateurs, j'ai adopté, comme diamagnétisme de l'anion $Cl^-$, le même nombre que Weiss (1) : $-23,1.10^{-6}$; ce nombre est celui fourni par les expériences de Hocart (2) sur les solutions de HCl, corrigé du paramagnétisme apparent $+1,1\times10^{-6}$ de l'ion $H^+$; il diffère très peu de la valeur : $-23.10^{-6}$ que donnent, après correction, les mesures que j'ai faites sur les mêmes solutions. La différence $\chi_0 - p\chi_{Cl^-}$, où $p$ est le nombre d'ions $Cl^-$ fournis par une molécule du sel, représente le diamagnétisme de l'anion dissous. Pour obtenir le diamagnétisme de l'ion libre, il faut, comme l'a montré Weiss (*loc. cit.*), ajouter à ce nombre la correction $\Delta\chi$ de répercussion de l'ion sur les molécules d'eau. Cette correction $\Delta\chi$ se déduit de l'altération de réfraction de l'eau par l'ion considéré par la relation de Weiss :

$$-10^6\,\Delta\chi = 1,73\,\Delta R.$$

R est donné, pour la plupart des ions, par les mesures de Fajans et Joos (3).

J'ai rassemblé dans le tableau ci-après les valeurs expérimentales de $\chi_0$ et $\chi_m$ pour les chlorures alcalins et alcalinoterreux, les diamagnétismes $\chi_{c\,diss.}$ des cations dissous et ceux $\chi_{c\,libre}$ des cations libres, calculés comme il est indiqué ci-dessus. Les expériences de Fajans et Joos n'ont porté sur aucun sel de glucinium; il m'a été impossible de déterminer, pour l'ion $Gl^{++}$, la correction de diamagnétisme.

---

(1) *J. de Phys.*, 7e série, **1**, 1930, p. 185, et *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 95.

(2) *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 1151.

(3) *Zeits. für Phys.*, **23**, 1924, p. 1.

| Ions. | $-10^6\chi_0$. | $-10^6\chi_m$. | $-10^6\chi_{c\ \text{diss.}}$ | $-10^6\chi_{c\ \text{libre}}$. |
|---|---|---|---|---|
| $Na^+$ | 0,515 | 30,1 | 7,0 | 7,5 |
| $K^+$ | 0,528 | 39,4 | 16,3 | 16,3 |
| $Li^+$ | 0,581 | 24,6 | 1,5 | 2,6 |
| $Rb^+$ | 0,398 | 48,1 | 25,0 | 25,0 |
| $Cs^+$ | 0,365 | 61,4 | 38,3 | 38,3 |
| $Mg^{++}$ | 0,522 | 49,7 | 3,5 | 6,7 |
| $Ca^{++}$ | 0,506 | 56,2 | 10,0 | 11,1 |
| $Sr^{++}$ | 0,411 | 65,2 | 19,0 | 19,9 |
| $Ba^{++}$ | 0,370 | 77,1 | 30,9 | 30,9 |
| $Gl^{++}$ | 0,620 | 49,6 | 3,4 | - |
| $La^{+++}$ | 0,375 | 91,9 | 22,6 | 25,9 |

On possédait pour $BaCl^2$ (crist.) deux valeurs fortement divergentes : $\chi_m = -78,4.10^{-6}$ (Pascal) et $-72,6.10^{-6}$ (Hocart). Mes mesures sur la solution confirment la première.

Des mesures relatives à des solutions de KF m'ont permis de calculer le diamagnétisme moléculaire $\chi_m$ du sel et en partant de la valeur de $\chi_{K^+}$, celui de l'ion $F^-$ dissous. Les résultats des mesures sont indiqués ci-dessous.

*Solutions de* KF.

| $-10^6\chi_0$. | $-10^6\chi_m$. | $-10^6\chi_{F^-\ \text{diss.}}$ | $-10^6\chi_{F^-\ \text{libre}}$. |
|---|---|---|---|
| 0,420 | 24,5 | 8,2 | 7,7 |

RADIOÉLECTRICITÉ — *Fluctuations dans la durée de propagation des ondes radioélectriques courtes.* Note de MM. **B. Decaux** et **J.-B. Galle**, présentée par M. Paul Janet.

Nous avons constaté que la différence de durée du trajet des ondes reçues en un même point et émises par deux stations de longueurs d'ondes différentes (342 et 1500$^m$) ne restait pas constante mais variait d'un instant à l'autre. Ces variations atteignaient à certaines heures de la nuit une amplitude correspondant parfois à une fraction importante de la durée du trajet direct.

Comme les propriétés de la haute atmosphère interviennent surtout dans la propagation des ondes courtes à de grandes distances, nous nous sommes proposé d'étudier ces fluctuations de la durée de trajet pour un poste à ondes courtes éloigné du récepteur.

Le mode opératoire était le suivant : le poste radiotéléphonique de Pontoise (longueur d'ondes $24^{m},15$) assurant la liaison téléphonique entre la France et l'Algérie était modulé à la fréquence 1000 périodes par seconde par un diapason établi au Laboratoire national de Radioélectricité. Une ligne téléphonique transmettait à Pontoise un courant produit par les vibrations du diapason. Les ondes émises à Pontoise étaient reçues en Algérie, et le courant à 1000 périodes par seconde issu du récepteur servait à moduler le poste émetteur d'Alger (longueur d'ondes $24^{m},65$). Cette émission était reçue au Centre de réception de Noiseau, et le courant à 1000 périodes par seconde produit était renvoyé par une ligne téléphonique au Laboratoire de Radioélectricité. Il était ainsi possible d'y observer, sur un oscillographe à rayons cathodiques muni de deux paires de plaques déflectrices rectangulaires, des figures de Lissajous produites par l'interférence du courant à 1000 périodes par seconde provenant directement du diapason et de celui que l'on obtient à la sortie d'un récepteur après la transmission sans fil le long du trajet Paris-Alger et retour. Toute variation dans la durée du trajet provoque une variation de phase entre ces courants et se traduit par une déformation de la figure de Lissajous sur l'écran de l'oscillographe. L'installation réceptrice de Noiseau étant munie d'un dispositif antifading compensant automatiquement les variations d'amplitude, les mouvements de la courbe sont imputables aux variations de phase seules. Les variations d'intensité sont faibles et produisent de petits déplacements de la courbe, qui ne sont pas de même nature que ceux qui sont dus aux changements de phase.

Deux séries d'expériences ont été faites, l'une de jour le 5 juin 1934 de $9^{h}$ à $10^{h}$ (T. M. G.), l'autre autour de l'heure du coucher du soleil le 7 juin 1934 entre $19^{h}30^{m}$ et $21^{h}$.

Le jour, la figure de Lissajous reste très stable; il se manifeste de temps à autre un léger balancement, avec une période de l'ordre de plusieurs minutes. Cela correspond à des variations de phase qui atteignent au plus le quart de période, c'est-à-dire à des variations de la durée de propagation de l'ordre de $2,5/10000^{e}$ de seconde.

La nuit au contraire, la figure de Lissajous se déforme continuellement et si rapidement qu'il est parfois impossible d'en suivre les déplacements. Ces derniers indiquent des variations de durée supérieures au millième de seconde dans un trajet qui est en moyenne de l'ordre du centième de seconde. Des expériences effectuées sur des ondes de l'ordre de $33^{m}$ ont fourni les mêmes résultats.

Nous avons observé qu'à plusieurs reprises la figure de Lissajous elliptique, qui correspond à la combinaison de deux vibrations de même fréquence, se transformait en une figure en forme de huit caractéristique de l'intervalle d'octave. La raison en est, croyons-nous, la suivante. Les ondes modulées à 1000 périodes par seconde peuvent être regardées comme résultant de l'interférence de trois systèmes d'ondes de longueurs différentes : l'onde porteuse et les deux ondes de modulation, dont les fréquences diffèrent de 1000 périodes par seconde en plus ou en moins de celle de l'onde porteuse. Si, par suite des phénomènes d'évanouissement, souvent observés et dus à la propagation dans la haute atmosphère, l'onde porteuse n'est plus reçue tandis que les deux ondes latérales persistent, la combinaison de ces dernières à la réception fournit un courant de fréquence de 2000 périodes par seconde, qui, interférant avec le courant à 1000 périodes par seconde du diapason, produit la figure de l'octave.

Nous avons pu effectuer des expériences analogues sur des ondes plus longues en utilisant station d'émission de Strasbourg (longueur d'ondes $349^{m}$). Par une ligne du câble téléphonique Paris-Strasbourg le diapason du L. N. R. modulait l'émission. Celle-ci était reçue au Laboratoire à Paris et l'on faisait interférer sur l'oscillographe cathodique le courant du récepteur et celui du diapason. Les expériences faites de nuit entre $22^{h}$ et $23^{h}$ (T. M. G.) ont montré des rotations de la figure de Lissajous, identiques à celles observées sur les ondes courtes : elles étaient toutefois moins rapides et le phénomène d'évanouissement de l'onde porteuse était moins net.

DISPERSION ROTATOIRE. — *Sur le citronnellol-rhodinol.*
Note (1) de M. **Angla**, transmise par M. Grignard.

On sait que le *d*-citronnellol et le *l*-rhodinol sont constitués par un mélange d'isomères de structure d'activités optiques opposées.

MM. Grignard et Dœuvre ont (2) en effet montré que le citronnellol

(1) Séance du 18 juin 1934.

(2) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 270; Dœuvre, *Thèse de doctorat ès sciences*, Lyon, 1928.

contient environ 20 pour 100 de la forme limonénique α et 80 pour 100 de la forme terpinolénique β. Le rhodinol contient 25 pour 100 de la forme α et 75 pour 100 de la forme β.

Je me suis proposé d'étudier la dispersion rotatoire du *d*-citronnellol de l'essence de citronnelle, du *l*-rhodinol de l'essence de géranium Bourbon, et de l'essence de géranium d'Algérie (rhodinol Afrique).

Il est essentiel, dans ce domaine, de bien spécifier de quelle manière ont été traités ces alcools en vue de leur purification. En ce qui me concerne je les ai tous traités de manière identique : par le chlorure de benzoyle suivant Barbier et Bouveault (¹). MM. Grignard et Dœuvre ont montré que ce traitement a pour effet de modifier la répartition primitive des formes α et β, et, qu'en fait, on aboutit généralement, aussi bien pour le citronnellol que pour le rhodinol, à un mélange titrant environ 45 pour 100 d'α et 55 pour 100 de β.

Dans ces conditions, en admettant, avec M. Darmois, que la dispersion rotatoire d'un composé actif est constante quel que soit le signe de son activité, tout fait prévoir que le rhodinol et le citronnellol Barbier et Bouveault (¹), mélangés, en proportions presque égales, de deux corps qui sont, de l'un à l'autre, des inverses optiques, doivent avoir la même dispersion rotatoire. C'est bien ce que mes mesures m'ont permis de vérifier.

Les mesures polarimétriques ont été effectuées à l'aide d'un polarimètre Jobin et Yvon, type Lippich, muni d'un monochromateur Bruhat. Comme sources de lumière j'ai employé, d'une part, une lampe à vapeur de mercure dont j'ai utilisé $j = 5780$ Å, $v = 5460$ Å et $I = 4360$ Å ; d'autre part, un tube à hydrogène à grande intensité, type Chalonge, pour étendre les mesures à la zone rouge du spectre ($H_\alpha : \rho = 6563$ Å).

Pour D, $j$ et $v$ les rotations sont mesurées sans difficulté à $\pm 0°,01$, pour $\rho$ à $\pm 0°,02$, et pour I à $\pm 0°,05$, en général.

J'ai vérifié que ces trois alcools étaient bien uniquement du type citronnellol-rhodinol par formylation et par acétylation. En outre, je me suis assuré que, pour les trois, la réaction Sabetay (²) était bien négative, et que la réfraction moléculaire trouvée concordait bien avec la réfraction moléculaire théorique.

| | $D_4^{t°}$. | $n_D$. | Éb. | Formylation (%). | Acétylation. (%). | RM calculée. | RM trouvée. | $[\alpha]_D$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Citronnellol...... | 0,8470/22°,2 | 1,4495/22°,2 | 87°/3-4mm | 100,4 | 99,8 | 49,43 | 49,45 | +1°,14 |
| Rhodinol Afrique. | 0,8583/20°,5 | 1,4569/20°,5 | » | 100,1 | 99,7 | » | 49,48 | −1°,09 |
| Rhodinol Bourb... | 0,8552/22°,2 | 1,4555/22°,2 | » | 100,7 | 100,1 | » | 49,49 | −2°,19 |

(¹) *Comptes rendus*, **122**, 1896, p. 530.

(²) *Ann. Chim. nalyt.*, **15**, 1933, p. 194.

*Rotations sous* $2^{dm}$ *à* 20°C.

| | $\alpha_\rho$. | $\alpha_J$. | $\alpha_\nu$. | $\alpha_I$. | $\alpha_I/\alpha_J$. | $\alpha_I/\alpha_\rho$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Citronnellol........... | +1°,50 | +2°,01 | +2°,30 | +4°,03±0,15 | 2,00±0,10 | 2,68±0,15 |
| Rhodinol Afrique....... | −1°,68 | −2°,19 | −2°,50 | −4°,73±0,13 | 2,16±0,07 | 2,81±0,13 |
| Rhodinol Bourbon...... | −3°,09 | −4°,05 | −4°.59 | −7°,96±0,10 | 1,96±0,03 | 2,57±0,07 |

On voit, comme prévu, qu'aux erreurs d'expérience près, le citronnellol et le rhodinol Bourbon ont la même dispersion rotatoire. Le rhodinol Afrique se classe à part par une dispersion sensiblement plus élevée.

M. Lagneau (¹) indique et discute le résultat des mesures de dispersion rotatoire qu'il a effectuées sur des citronnellols-rhodinols. Il aboutit à la conclusion que le rhodinol de l'essence de rose est l'isomère optique gauche du *d*-citronnellol de l'essence de citronnelle. D'autre part, le *l*-rhodinol de l'essence de géranium Bourbon serait, d'après lui, différent des deux alcools précédents, car il a une dispersion rotatoire nettement différente.

Sur les trois alcools qu'a étudiés M. Lagneau deux sont des produits commerciaux : le citronnellol et le rhodinol Bourbon. Un seul a été purifié par la méthode de Barbier et Bouveault : le rhodinol de l'essence de rose. Il est assez normal, dans ces conditions, que ces trois alcools n'aient pas la même dispersion : la proportion des formes isomériques $\alpha$ et $\beta$ ne doit pas être la même dans chacun d'eux. Dans le rhodinol de rose, en particulier, la proportion d'isomères $\alpha$ et $\beta$ est vraisemblablement très voisine de 45 pour 100 et 55 pour 100 respectivement. Sa dispersion le confirme : $\alpha_I/\alpha_J = 2,03$, elle est la même, aux erreurs d'expérience près, que celle du rhodinol (Bourbon) et du citronnellol Barbier et Bouveault que j'ai préparés.

En définitive, avec des alcools traités de façon identique, suivant Barbier et Bouveault, on trouve que le rhodinol de l'essence de géranium Bourbon, le rhodinol de l'essence de rose, et le citronnellol de l'essence de citronnelle ont la même dispersion rotatoire. Ce fait vient à l'appui des travaux de MM. Grignard et Dœuvre qui ont établi que ces alcools sont des mélanges en proportions sensiblement égales des formes isomériques de structure $\alpha$ et $\beta$.

Le cas du rhodinol Barbier et Bouveault retiré de l'essence de géranium

---

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 166.

d'Algérie demeure réservé, et je me propose d'en faire une étude plus approfondie.

Les alcools étudiés par M. Lagneau sont différents de ceux que j'ai mis en œuvre, et sont également différents entre eux. Les divergences qu'il a constatées dans les dispersions de ces alcools trouvent une explication dans l'hypothèse que la dispersion rotatoire de l'isomère de forme $\alpha$ est différente de celle de l'isomère de forme $\beta$.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Origine des oscillations de haute fréquence produites par les magnétos à haute tension.* Note [1] de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Paul Janet.

1. J'ai étudié les différents régimes de décharge provoqués dans l'air, à la pression atmosphérique, entre les pointes d'un éclateur, par une magnéto à haute tension d'un modèle classique, en photographiant cette décharge sur un film animé d'une grande vitesse. Le dispositif, qui sera décrit ailleurs, permet de distinguer deux phénomènes séparés par un intervalle de temps de $5.10^{-6}$ seconde environ.

On observe, en général, deux phases successives : une étincelle presque rectiligne, puis un arc, qui se traduit sur le négatif par une bande dont les deux bords ont des aspects différents, celui qui correspond à la cathode étant plus accentué que l'autre. Cependant, dans certaines circonstances que j'ai pu préciser, chaque décharge comporte simplement une ou plusieurs étincelles successives de même sens, sans que l'arc apparaisse.

On explique [2] ces différentes phases de la façon suivante : l'étincelle initiale correspond à la décharge de la capacité électrostatique du circuit secondaire; l'arc libère l'énergie accumulée dans l'enroulement sous forme électromagnétique et celle qui provient de la rotation du secondaire dans le champ magnétique.

2. L'étincelle disruptive est, en général, oscillante. Ce phénomène avait été prévu par Silsbee [3], mais ce dernier ne l'avait pas observé nettement. Depuis ma Note [4] signalant l'existence d'oscillations de haute fréquence,

---

(1) Séance du 11 juin 1934.

(2) F. B. Silsbee, *National advisory Committee for aeronautics*, Rapport n° 202, Washington, 1925.

(3) *Loc. cit.*, Rapport n° 58, 1919.

(4) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 609.

produites par les magnétos, Finch et Sutton ([1]) ont publié une importante étude sur les bobines d'allumage, où le même phénomène a été retrouvé. Le montage utilisé par eux est analogue au mien : c'est un récepteur à ondes courtes; l'ordre de grandeur des fréquences est le même : $10^7$. Toutefois, les auteurs n'ont pas fait une étude systématique de cette haute fréquence.

Il est possible en soufflant la décharge, avec un jet d'air ou de gaz carbonique comprimés, d'éliminer la seconde phase et d'obtenir simplement une série d'étincelles disruptives, comme l'a montré Abraham ([2]). La décharge est alors extrêmement bruyante et émet une lumière très blanche. Avec un jet de gaz carbonique particulièrement rapide, j'ai pu observer 24 étincelles successives dans une décharge dont la durée totale est 3/1000e de seconde. Dans ces conditions, j'ai observé de la haute fréquence, ce qui prouve que son origine est bien l'étincelle disruptive.

De plus, j'ai suivi les variations de la fréquence en intercalant dans le circuit extérieur des petites bobines de faible self-induction $l$. La courbe donnant les variations de $T^2$ en fonction de $l$ (T étant la période) est très sensiblement une droite; elle permet de calculer le coefficient de self-induction du circuit oscillant. L'application des formules classiques du circuit de décharge extérieur, qui a une forme simple, donne un coefficient de self-induction très voisin. De même, j'ai placé en dérivation entre la masse de la magnéto et son distributeur des condensateurs de faible capacité $c$; la courbe $T^2(c)$ est encore une droite. J'en ai déduit la valeur de la capacité de l'enroulement (variable d'une magnéto à l'autre) et dont l'ordre de grandeur est $4.10^{-11}$ farad.

Conformément à ce qui précède, si l'on complique suffisamment le circuit extérieur, c'est-à-dire si l'on augmente le cofficient de self-induction du circuit oscillant, on arrive à produire des oscillations de fréquence relativement faible : par exemple $N = 2.10^6$ ($\lambda = 150^m$); inversement, en utilisant des circuits de moins en moins développés, on observe des fréquences de plus en plus élevées : par exemple $V = 1.5.10^7$ ($\lambda = 20^m$).

En résumé, je crois pouvoir affirmer que les oscillations de haute fréquence produites par les magnétos sont dues à la décharge dans le circuit extérieur, qui possède un faible coefficient de self-induction, de la capacité du circuit secondaire, pratiquement localisée dans l'enroulement.

3. On peut faire disparaître la première phase de la décharge en intro-

---

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, **45**, Part 2, 1933, p. 288.

([2]) *Comptes rendus*, **128**, 1899, p. 991.

duisant en série dans le circuit une résistance suffisamment grande. A mesure que la résistance intercalée croît, on observe l'amortissement progressif des oscillations de haute fréquence. Pour R = 3500 ohms, l'étincelle disruptive devient extrêmement grêle et peu visible sur les photographies : la première phase a pratiquement disparu. En même temps, l'arc s'est changé en *flamme* ou *lueur positive*. Cette modification n'entraîne pas un grand changement dans l'aspect des photographies; mais, d'une part, la lumière émise par la décharge devient rouge au lieu de rester violette comme dans l'arc; d'autre part, l'observation directe à la loupe ou au microscope m'a permis d'observer très nettement quatre régions dans la décharge : la lueur cathodique bleue, l'espace sombre de Faraday, la colonne positive rouge et le point anodique brillant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le degré de déshydratation des azéotropes binaires.* Note (¹) de M. **W. Swietoslawski**, présentée par M. G. Urbain.

Je proposais d'examiner la pureté des substances liquides en déterminant la différence entre la température d'ébullition et de condensation, $\Delta t = t_{Eb} - t_C$. Nous employons, dans ce but, les ébullioscopes différentiels munis d'un ou de plusieurs déflegmateurs. Actuellement nous considérons un liquide comme étant d'un assez haut degré de pureté lorsque la différence $\Delta t$ ne dépasse pas 0°,005. Cependant nous avons pu constater qu'en mélangeant deux liquides A et B formant un azéotrope binaire (A, B), on obtient régulièrement des azéotropes pour lesquels les différences $\Delta t_{Az}$ sont bien supérieures à celles qui caractérisent les liquides de départ, $\Delta t_A$ et $\Delta t_B$.

| A. | $\Delta t_A$. | B. | $\Delta t_B$. | Azéotrope (A, B). | $\Delta t_{A,B}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Benzène | 0°,002 | Éthanol | 0°,003 | ($C^6H^6$, $C^2H^5OH$) | 0°,374 |
| Toluène | 0,032 | Éthanol | 0,001 | ($C^6H^5CH^3$, $C^2H^5OH$) | 0,130 |
| Sulfure de carbone | 0,003 | Acétone | 0,017 | ($CS^2$, $CH^3COCH^3$) | 0,354 |

Dans la plupart des cas, des différences aussi considérables entre les températures d'ébullition et de condensation des azéotropes sont dues à la présence d'humidité contenue soit dans un, soit dans les deux liquides. Par conséquent, si l'on veut obtenir l'azéotrope binaire à l'état pur, il con-

(¹) Séance du 28 mai 1934.

vient de le préparer non pas en mélangeant les deux liquides dans des proportions déterminées, mais en rectifiant soigneusement leur mélange. On arrive de cette manière à avoir des azéotropes dont la différence entre la température d'ébullition et de condensation est souvent inférieure à 0°,005.

De plus, l'examen de ces azéotropes à l'aide d'ébullioscopes à plusieurs étages permet de déterminer le degré de leur déshydratation. Des mesures faites par MM. A. Zmaczyński, M. Wojciechowski, T. Usakiewicz et d'autres ont montré que, si l'on attribue toute la différence $\Delta t_{Az}$, observée à l'ébullioscope, à l'humidité, les azéotropes n'en contiennent pas plus de $10^{-5}$ à $3,10^{-6g}$ par gramme de mélange.

Nous avons pu confirmer entièrement ces conclusions en introduisant dans l'ébullioscope de petites quantités d'eau et en l'éliminant par distillation.

Si donc on cherche un milieu liquide hautement déshydraté il convient d'employer des homoazéotropes binaires obtenus en rectifiant des mélanges de deux substances telles que par expérience le benzène et les alcools ou le sulfure de carbone et l'acétone, etc., qui forment avec l'eau des hétéroazéotropes ternaires. L'emploi d'ébullioscopes à plusieurs étages permet de déceler dans ces azéotropes une teneur d'humidité avec une précision jusqu'ici inaccessible.

Remarquons encore que les liquides susceptibles de former avec l'eau des systèmes hétéroazéotropiques, tels que le benzène, le toluène, le sulfure de carbone, etc., peuvent être déshydratés au même degré en éliminant par distillation l'hétéroazéotrope composé du liquide donné et des traces d'eau.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de l'ascension des solutions colloïdales dans les corps poreux.* Note de M. **Augustin Boutaric**, présentée par M. Delépine.

1. Parmi les causes susceptibles de déterminer l'ascension des granules d'une solution colloïdale dans un corps poreux, par exemple, une bande de papier filtre plongeant dans la solution par sa partie inférieure, intervient tout d'abord le mouvement ascendant de cette solution auquel donne lieu l'imbibition du papier par le liquide intermicellaire. Le phénomène est particulièrement simple lorsque le liquide intermicellaire est très pauvre en électrolyte.

Si les granules sont électrisés négativement, ils ne se fixent pas d'une manière appréciable sur le papier dont la surface présente au contact de l'eau une électrisation négative; ils passent librement à travers ses pores, et l'on conçoit qu'ils puissent suivre de très près le mouvement ascendant de l'eau. Si, au contraire, les granules ont une charge positive, ils se fixent sur le papier par un phénomène d'adsorption qu'on peut rattacher à une sorte d'attraction hétéropolaire; c'est seulement lorsque les pores d'une couche infiniment mince ont été tapissés par les granules que les granules entraînés ensuite peuvent passer au travers de ces pores dont les parois ont été ainsi neutralisées et atteindre la couche infiniment voisine où ils se fixent à leur tour et ainsi de suite.

Toute action favorisant l'adsorption des granules par le papier doit ralentir leur marche puisqu'elle augmente la quantité que doit en fixer une couche élémentaire avant que les granules puissent atteindre la couche infiniment voisine; toute action diminuant l'adsorption des granules par le papier doit au contraire en accélérer l'ascension. Ainsi s'interprètent très simplement les relations si souvent signalées entre l'ascension des granules colloïdaux dans les corps poreux et l'adsorption de ces granules par la matière même du corps poreux.

2. Si l'on désigne par H et par $h$ les hauteurs atteintes par le liquide intermicellaire et par les granules au même instant $t$, on peut admettre, en première approximation, que le volume de solution colloïdale entraîné par imbibition à travers le papier est proportionnel à H; il en est de même du nombre des granules et par suite de la hauteur $h$ à laquelle ils sont parvenus, ce qui conduit à la relation $h/H =$ constante. Toutefois, l'épaisseur de liquide intermicellaire dans la portion du papier imbibé n'est pas partout la même, mais décroît lentement quand la hauteur augmente; le volume de liquide ayant pénétré dans le papier peut être considéré comme proportionnel, non à H, mais à une expression de la forme $H(1-kH)$; il en est de même de la hauteur $h$ atteinte par les granules, ce qui conduit à la relation

$$\frac{h}{H} = A(1 - kH),$$

A et $k$ désignant deux constantes, la seconde généralement très faible. Effectivement, les mesures faites sur l'ascension des granules d'un sol d'hydrate ferrique montrent que $h/H$ est une fonction lentement décroissante, sensiblement linéaire de H.

3. Dans le cas d'un colloïde positif, le liquide intermicellaire peut avoir

atteint la partie supérieure du papier alors que les granules ne sont encore parvenus qu'à une faible hauteur. Le courant d'aspiration de la solution colloïdale n'est plus entretenu que par la faible évaporation qui se produit le long de la bande de papier. La vitesse d'ascension des granules se ralentit alors beaucoup et devient sensiblement constante.

En étudiant non plus le mouvement d'ascension mais celui de descente à travers une bande de papier filtre, la bande plongeant par sa partie supérieure dans la cuve qui contient la solution colloïdale, on constate que le mouvement de descente du liquide intermicellaire aussi bien que des granules est toujours notablement plus rapide que le mouvement d'ascension dans une bande identique. Dans le cas de granules positifs, dès que le liquide intermicellaire a atteint la partie inférieure de la bande et donne un écoulement uniforme, les granules sont entraînés avec une vitesse qui se maintient rigoureusement invariable; cette vitesse est proportionnelle à la vitesse d'écoulement du liquide qui croît elle-même avec la longueur de la bande.

4. En utilisant des bandes de papier préalablement imprégnées d'eau et maintenues humides à leur partie inférieure afin de supprimer tout courant d'imbibition, on n'observe plus la moindre ascension des granules dans la bande, qu'il s'agisse d'un colloïde négatif ou d'un colloïde positif. On peut en conclure qu'une diffusion propre des granules se produisant à travers l'eau imbibant les pores n'intervient pas d'une façon appréciable dans le phénomène.

5. Tous ces résultats établissent nettement l'influence déterminante qu'exerce sur l'ascension des granules colloïdaux dans les corps poreux le mouvement d'entraînement de la solution colloïdale par imbibition à travers la matière même du corps poreux. Ce mouvement ne semble pas dépendre d'une manière appréciable de la tension superficielle du liquide intermicellaire, ainsi qu'il est facile de s'en assurer en modifiant cette tension par l'addition de substances tensioactives. D'autre part, les actions électriques ne jouent aucun rôle dans le mouvement des granules, l'électrisation de ces granules pouvant intervenir seulement dans leur fixation par adsorption sur la matière du corps poreux.

Au terme souvent employé d'ascension électrocapillaire, susceptible d'établir une confusion entre le phénomène étudié et les phénomènes véritablement électrocapillaires de Lippmann, il paraîtrait plus conforme aux faits de substituer celui d'imbibition des solutions colloïdales à travers les corps poreux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du magnésium sur les solutions de chlorure de nickel.* Note de MM. **Guy Gire** et **Alfred Motais de Narbonne**, présentée par M. M. Delépine.

L'un de nous a déjà montré (1) que le magnésium se dissout rapidement dans les solutions de sulfate de nickel avec un dégagement d'hydrogène exactement équivalent au métal dissous. Les ions $OH^-$ ainsi libérés provoquent la formation et le dépôt, non d'un hydrate, mais d'un sulfate basique de nickel, du moins dans les limites de concentration en $Ni^{++}$ des solutions étudiées.

On a également signalé (2) que la vitesse de dissolution du magnésium dans les solutions salines allait en croissant des sulfates aux chlorures.

Nous avons cherché non seulement à vérifier cette accélération dans le cas des solutions de chlorure de nickel, mais à savoir si, pour ces solutions, le processus des transformations secondaires était bien le même que pour les sulfates.

Le métal était introduit dans les solutions de chlorure sous forme de magnésium porphyrisé et en quantité assez faible pour que la dissolution fût totale et que la concentration en ions $Ni^{++}$, après la réaction, restât importante par rapport au magnésium dissous. Le volume d'hydrogène était strictement mesuré à la pression atmosphérique, les solutions analysées avant et après l'opération.

Pour des concentrations en $Ni^{++}$ égales, une même quantité de magnésium se dissout 2 à 3 fois plus vite dans les solutions de chlorure que dans les solutions de sulfate ($0^g,5$ de Mg pour $500^{cm^3}$ de solution contenant $7^g$ de métal au litre en moyenne) :

| | $SO^4Ni$. | $Cl^2Ni$. |
|---|---|---|
| Temps pour le 1/8e de la réaction......... | 15 min. | 5 min. |
| » le 1/5e » ......... | 22 » | 9 » |
| » le 1/2 » ......... | 70 » | 29 » |
| » les 3/4 » ......... | 160 » | 62 » |
| » la réaction totale ............ | 480 » | 245 » |

Dès le début de la réaction, il se forme un dépôt cristallin vert très vif, efflorescent à l'air et dont la teneur en chlore est toujours $1/9$ $Cl^2$ pour $1^{at}$ de nickel :

(1) G. Gire, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1646.

(2) N. Chiloff et Chatounowskaya, *Journ. Soc. Chim. Russe*, 63, 1930, p. 375.

| | Nickel. | $Cl^2$ trouvé. | 1/9 de $Cl^2$. |
|---|---|---|---|
| Analyse n° 1...................... | 1 at-g | 7,86 | 7,88 |
| » n° 2...................... | » | 7,84 | » |

On peut donc admettre pour ce dépôt cristallin la formule



$$NiCl^2, 8\,NiO, n\,H^2O.$$

La formation de ce sel basique est plus lente que la dissolution du magnésium et dure plusieurs heures après la fin du dégagement d'hydrogène. La perte en nickel de la solution, dosée lorsque la solution est devenue parfaitement limpide, est supérieure au nickel correspondant à l'hydrogène dégagé et au magnésium dissous; mais elle ne représente pas les 9/8$^e$ de celui-ci, elle en est à peu près les 11/10$^e$ pour une même concentration, alors que la perte de chlore correspond bien exactement au 1/9$^e$ du nickel déposé sous forme de sel basique :

| | Perte Ni de la solution 1. | Ni corresp. à $H^2$ dégagé 2. | Ni corresp. au Mg dissous 3. | Rapport moyen 1/2 et 1/3 |
|---|---|---|---|---|
| Solution à 6$^g$,81 de Ni par litre... | 1$^g$,215 | 1$^g$,110 | non dosé | 1,1 |
| Solution à 7$^g$,77 de Ni par litre... | 1$^g$,245 | 1$^g$,139 | 1$^g$,133 | |

On doit en conclure que l'hydrate de nickel est soluble dans les solutions de chlorure de nickel et l'on peut très facilement calculer la quantité qui demeure ainsi en équilibre. Cette quantité contient en nickel les 8/9$^e$ de l'excès de nickel dans la solution après réaction, soit :

$$\frac{8}{9}\left[\left(\frac{9}{8}-\frac{11}{10}\right)1,139\right]=0^g,0253$$

de Ni pour 500$^{cm^3}$ ou 0$^g$,0800 de $Ni(OH)^2$ par litre de la solution étudiée.

Cet équilibre est assez instable et cesse à l'ébullition. La solution limpide portée à l'ébullition pendant quelques minutes laisse alors déposer un précipité floconneux de même composition que le chlorure basique cristallin et contenant 0$^g$,0575 de nickel, ce qui correspond, pour 1 litre de solution, à 0$^g$,0820 de $Ni(OH)^2$. Ainsi, le volume d'hydrogène dégagé et le magnésium dissous correspondent bien à la formation d'un chlorure $NiCl^2$, 8 NiO. La présenee des ions $OH^-$ provenant du déplacement de l'hydrogène $H^+$ par le magnésium provoque la formation non de l'hydrate mais de ce sel basique, par un processus similaire à celui observé pour les solutions de sulfate de nickel; mais dans le cas du chlorure une partie des ions $OH^-$

peut rester en équilibre instable dans la solution. Il y aurait lieu de vérifier si, à froid, les solutions de chlorure de nickel peuvent dissoudre l'hydrate $Ni(OH)^2$, et de prendre le pH des solutions avant et après la dissolution du magnésium.

Les hydrates dont le produit de solubilité est plus fort que celui de $Ni(OH)^2$ et qui sont aussi solubles, se dissolvent dans les solutions de chlorure de nickel. Nous l'avons vérifié pour la magnésie qui se dissout en provoquant la formation du sel basique obtenu par dissolution du magnésium.

Il est à remarquer d'ailleurs qu'André [1] a obtenu un sel basique de même formule en faisant agir en quantité très limitée l'ammoniaque sur les solutions de sel de nickel.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'oxydation des huiles minérales par l'oxygène atmosphérique à des températures modérées.* Note [2] de MM. **E. Vellinger** et **G. Muller**, présentée par M. H. Le Chatelier.

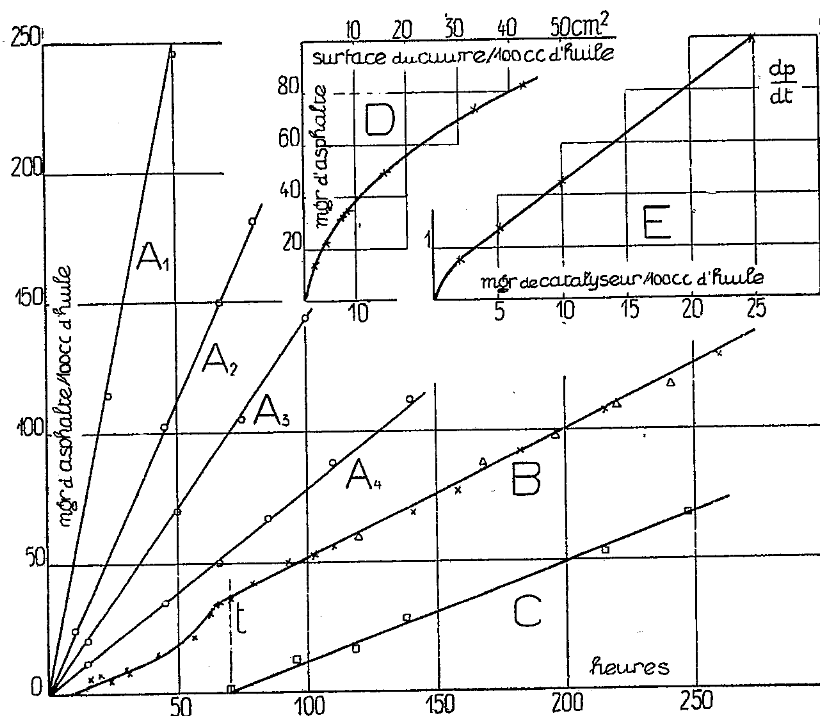
Pour juger de la qualité des huiles minérales, on examine généralement leur résistance à l'oxydation par l'oxygène atmosphérique à des températures comprises entre 100 et 150°. Dans le cas des huiles pour transformateurs, on prend comme criterium la quantité de produits asphaltiques insolubles formés après des durées de chauffage variables à 110°. Comme ces huiles en service sont toujours en contact avec des métaux, ce vieillissement artificiel se fait en présence de métaux, généralement le cuivre. Nous avons cherché à déterminer sur des huiles pour transformateurs le mécanisme de l'action accélératrice de ce métal en examinant en premier lieu le stéarate de cuivre. Les courbes A montrent que pour une certaine quantité de stéarate de cuivre, la quantité de produits asphaltiques formés est proportionnelle à la durée de chauffage. Si l'on porte le coefficient angulaire de ces droites en fonction de la quantité de stéarate, on obtient encore une droite (E) tout au moins pour des quantités de stéarate de Cu supérieures à $2^{mg}$ pour $100^{cm^3}$ d'huile. La vitesse de formation des produits asphaltiques est donc proportionnelle à la quantité de cuivre dissous dans l'huile.

---

(1) G. André, *Comptes rendus*, 106, 1888, p. 936.

(2) Séance du 18 juin 1934.

Nous avons examiné également l'action du cuivre métallique sous la forme de cubes soigneusement polis sur les six faces comme pour un examen métallographique de manière à bien définir l'étendue de la surface du métal. La courbe D représente la quantité de produits asphaltiques formés en fonction de cette surface pour une durée fixe de chauffage. Elle montre




A. Poids de produits asphaltiques en fonction de la durée de chauffage à 110°, pour 25$^{mg}$ de stéarate de cuivre ($A_1$); pour 10$^{mg}$ ($A_2$); pour 5$^{mg}$ ($A_3$); pour 2$^{mg}$ ($A_4$) dans 100$^{cm^3}$ d'huile. — B. Poids de produits asphaltiques en fonction de la durée de chauffage à 110° et en présence d'un bloc de cuivre poli de 10$^{cm^2}$ de surface. Les points Δ correspondent à des échantillons dans lesquels le cuivre a été extrait après la durée *t*. — C. Comme en B, mais où le cuivre n'a été ajouté qu'après un chauffage préalable de durée *t*. — D. Influence de la surface du cuivre sur la quantité de produits asphaltiques formés pendant une durée fixe de chauffage. — E. Coefficient angulaire des droites A en fonction de la quantité de stéarate de cuivre.

l'importance de l'étendue de la surface du métal employé. Nous avons étudié la formation des produits asphaltiques en fonction de la durée de chauffage en présence de cuivre métallique (cube de 10$^{cm^2}$ de surface) préparé comme il a été dit plus haut. La courbe ainsi obtenue (B) se compose de deux parties, l'une petite à pente rapide allant de l'origine au point *t*, et une seconde partie rectiligne au delà de *t*. Les résultats précé-

dents nous incitent à penser que cette partie rectiligne est due au cuivre dissous dans l'huile durant l'oxydation précédant le point $t$. Tout se passe comme si les acides formés durant l'oxydation solubilisent une partie du cuivre (pouvant être très petite). Par la suite, l'action du bloc métallique est annulée, en raison de l'adsorption d'une gaine de corps actifs sur sa surface. Nous avons vérifié cette hypothèse en déterminant l'oxydation en présence du bloc de cuivre jusqu'au point $t$ et en poursuivant cette oxydation après avoir extrait le cube de cuivre. La position de ces points ($\Delta$) sur la droite montre bien qu'il est indifférent que ce bloc de cuivre subsiste ou non après la durée $t$.

Si le mécanisme de l'action du cuivre, comme nous l'avons donné plus haut, est exact, il est facile d'imaginer les conditions dans lesquelles la partie de la courbe B comprise entre l'origine et le point $t$ fait défaut. Il suffit de produire au préalable une faible acidité de l'huile, soit par chauffage en absence de métal, soit en ajoutant une très faible quantité d'un acide quelconque tel que l'acide stéarique. On obtient alors en présence de cuivre une droite (C) passant par l'origine.

On peut conclure de ce qui précède que la quantité de produits asphaltiques formés durant l'altération des huiles minérales est proportionnelle à la durée de chauffage et à la quantité de cuivre dissous dans l'huile.

EFFET RAMAN ET CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de quelques éthers-oxydes acétyléniques*. Note de M[lle] **Blanche Gredy**, présentée par M. Delépine.

J'ai étudié [1] les spectres Raman de quelques alcools primaires et secondaires acétyléniques. Les raies caractéristiques de la triple liaison avaient pour fréquences : 2228 et 2290 $cm^{-1}$ pour les alcools primaires; 2250 et 2310 $cm^{-1}$ pour les alcools secondaires. Je me suis proposé de vérifier si ces fréquences se conservaient lorsqu'on passait d'un alcool à son éther méthylique. A cet effet, j'ai préparé les éthers méthyliques des divers alcools et j'en ai fait les spectres.

J'y ai joint les spectres de l'alcool propargylique et de son éther méthylique.

---

[1] Gredy, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 89.

Voici les résultats obtenus :

*Alcool propargylique :* H — C ≡ C — $CH^2OH$. — 222 (1. F), 315 (1. F), 558 (m), 916 (F), 1026 ± 5 (aF), 1233 (f. fl.), 1358 (f. fl.), 1455 (F), **2118** (TF), 2905 (m. fl.), 2940 ± 15 (m).

*Méthoxy-3-propyne-1* : H — C ≡ C — $CH^2OCH^3$. — 178 (m. l.), 236 (l. fl.), 324 (aF), 516 (f), 572 (f), 841 (f), 894 (F), 945 (f), 1005 (ttf), 1101 (af. 1.), 1282 (f), 1362 (f), 1447 (m. fl.), **2118** (TF), 2828 (m), 2951 (m. tl.), 3002 (af. l. fl.).

*Métoxy-1-octyne-2* : $C^5H^{11}$ — C ≡ C — $CH^2OCH^3$. — 367 (b. m.), 393 (f), 803 (tf), 843 (f), 908 (m), 929 (af), 978 (f), 1004 (f), 1062 (m), 1099 (m), 1113 (m), 1192 (f. fl.); 1221 (f), 1275 ± 3 (f. fl.), 1303 (m), 1332 (m), 1359 (m), 1444 ± 7 (b. F.), **2216** (m), **2237** (m), **2282** (F), 2824 (f), 2867 ± 13 (b. f.), 2920 ± 15 (b. F.), 2964 (f).

*Méthoxy-1-nonyne-3* : $C^6H^{13}$ — C ≡ C — $CH^2OCH^3$. — 365 (f), 911 (m), 954 (af), 1011 (f), 1063 (af), 1098 (m), 1115 (m), 1277 (f. fl.), 1304 (m), 1332 (m), 1359 (af), 1442 ± 8 (aF), **2215** (m), **2237** (m), **2282** (F), 2822 (m), 2844 (f), 2863 (f. fl.), 2903 ± 7 (F), 2943 (m), 2966 (f).

*Méthoxy-1-cyclohexyl-4-butyne-2* : $C^6H^{11}$ — $CH^2$ — C ≡ C — $CH^2OCH^3$. — 368 (m), 444 (f), 780 (m), 791 (f), 846 (af), 909 (m), 1032 (aF), 1053 (m), 1068 (af), 1079 (m), 1097 (f), 1130 (af), 1178 (af), 1253 (m), 1268 (m), 1280 (af), 1326 (af), 1352 (m. l.), 1368 (f), 1447 (F. l.), **2217** (m), **2234** (m), **2281** (F), 2821 (af), 2852 (TF) 2898 (m), 2922 (F), 2943 (F).

*Méthoxy-1-phényl-3-propyne-2* : $C^6H^5$ — C ≡ C — $CH^2OCH^3$. — 378 (m), 470 (f), 511 (f), 521 (m), 554 (tf), 586 (af. fl.), 623 (m), 723 (b. af.), 740 (m), 903 (m), 944 (f), 964 (aF), 984 (m), 1001 (F), 1031 (f), 1099 (af), 1159 (m), 1178 (m), 1257 (F), 1443 (m. l.), 1491 (m), 1600 (TF), **2200** (m), **2240** (TF), 2944 (f. fl.), 3063 (af.).

*Méthoxy-2-nonyne-3* : $C^5H^{11}$ — C ≡ C — $CH(OCH^3)$ — $CH^3$. — 330 (af. tl)., 433 (b. f.), 504 (f. fl), 770 (tf), 796 (f), 857 (m. l.), 1064 ± 6 (b. af), 1084 (af), 1114 (m), 1204 (af), 1221 (f), 1273 (f), 1303 (m), 1329 (aF. tl.), 1445 ± 10 (F), **2240** (TF. l.), **2308** (ttf), 2799 (m), 2856 (m), 2874 (m), 2903 (F), 2941 (F), 2990 (F).

*Méthoxy-2-cyclohexyl-5-pentyne-3* : $C^6H^{11}$ — $CH^2$ — C ≡ C — $CH(OCH^3)CH^3$. — 172 (af), 257 (ttf); 304 (tf), 334 (b. f.), 366 (af), 438 ± 6 (b. m.), 483 (b. f. fl.), 723 (f), 778 (m), 790 (f), 843 (m), 857 (f), 1033 (aF), 1056 (m), 1080 (m), 1118 (af), 1175 (m), 1205 (af), 1252 (m), 1268 (m), 1280 (f), 1326 (m. l.), 1345 (af), 1367 (af), 1446 (F. l.), **2241** (TF), **2307** (ttf), 2824 (m), 2853 (TF), 2897 (m), 2914 (m), 2939 (TF), 2990 (m).

*Méthoxy-2-phényl-4-butyne-3* : $C^6H^5$ — C ≡ C — $CH(OCH^3)$ — $CH^3$. — 187 (f. l.), 270 (f. fl.), 345 (l. af.), 374 (f. fl.), 439 (f. fl.), 503 (af), 523 (m), 547 (ttf), 561 (m), 582 (m), 624 (m), 711 (m. l.), 759 (m), 837 (m. l.), 908 (aF), 1000 (TF), 1028 (f. l.), 1103 (a. f.), 1120 (af), 1159 (m), 1178 (m), 1204 (f), 1255 (F), 1322 (af. l.), 1446 (m. l.), 1493 (m), 1600 (TF), **2221** (TF), **2241** (TF); 2939 (af), 2989 (af. fl.), 3062 (b. m.).

*Conclusions.* — Contrairement à ce que l'on pouvait attendre, le spectre d'un éther méthylique se montre assez nettement différent de celui de l'alcool correspondant, sauf pour l'alcool propargylique, où la raie 2118 $cm^{-1}$ des acétyléniques vrais reste inchangée par méthylation.

1° Pour les éthers primaires non aromatiques, la raie forte 2228 $cm^{-1}$ de l'alcool se dédouble en deux raies moyennes de fréquences 2217 et 2234, et la raie 2290 $cm^{-1}$ est déplacée de 10 unités vers les basses fréquences;

2° Pour les éthers secondaires, du même type, la raie forte 2250 $cm^{-1}$ de l'alcool est déplacée aussi de 10 unités dans le même sens, la raie faible restant sensiblement à la même place;

3° Enfin, comme d'habitude, la présence d'un groupement phényle au voisinage de la triple liaison, modifie complètement l'aspect du spectre Raman dans la région 2100-2300 $cm^{-1}$.

*Note.* — Les éthers-oxydes que j'ai préparés n'avaient jamais été décrits. Je les ai obtenus, soit par action de l'éther chlorométhylique sur le magnésien de l'acétylénique correspondant, soit par méthylation de l'alcool avec l'amidure de sodium et le sulfate diméthylique, suivant des méthodes déjà connues.

Voici leurs constantes :

| | | | | RM. | RM théor. |
|---|---|---|---|---|---|
| $C^5H^{11}.C.C.CH^2OCH^3$........ | $Éb_{19}=$ 77° | $d_4^{20}=0,839$ | $n_D^{20}=1,4380$ | 43,70 | 43,40 |
| $C^6H^{13}.C.C.CH^2OCH^3$........ | $Éb_{17}=$ 97-98 | $d_4^{20}=0,841$ | $n_D^{17}=1,4408$ | 48,33 | 48,02 |
| $C^6H^{11}.CH^2.C.C.CH^2OCH^3$... | $Éb_{19}=$117-118 | $d_4^{20}=0,918$ | $n_D^{16}=1,4755$ | 50,95 | 50,44 |
| $C^6H^5.C.C.CH^2OCH^3$........ | $Éb_{16}=$ 112,5 | $d_4^{20}=0,997$ | $n_D^{20}=1,5515$ | 46,6 | 44,42 |
| $C^5H^{11}.C.C.CH(OCH^3).CH^3$.. | $Éb_{17}=$ 81 | $d_4^{20}=0,824$ | $n_D^{20}=1,4330$ | 48,53 | 48,02 |
| $C^6H^{11}.CH^2.C.CH(OCH^3).CH^3$.. | $Éb_{20}=$119-119,5 | $d_4^{23}=0,893$ | $n_D^{26}=1,4638$ | 55,63 | 55,06 |
| $C^6H^5.C.C.CH(OCH^3).CH^3$... | $Éb_{20}=$114-114,5 | $d_4^{21}=0,962$ | $n_D^{21}=1,5350$ | 51,78 | 49,03 |

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les composés chlorométhylés dérivés des phénols.* Note de MM. **Marcel Sommelet** et **Israël Marszak**, présentée par M. Béhal.

L'un de nous a décrit (1) un procédé de transformation des éthers carboniques mixtes des phénols en leurs dérivés chlorométhylés, consistant à faire réagir sur eux l'oxyde de méthyle monochloré sous l'action condensante de $Cl^5Sb$. Le phénylcarbonate d'éthyle donne ainsi lieu à la réaction suivante :



$$C^6H^5OCOOC^2H^5 + CH^3OCH^2Cl = CH^3OH + ClCH^2 - C^6H^4 - OCOOC^2H^5.$$

Nous avons trouvé que le mode opératoire indiqué peut être grandement simplifié dans certains cas.

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 256.

On peut en effet effectuer la chlorométhylation des composés envisagés en ne faisant intervenir qu'un mélange d'aldéhyde formique et d'acide chlorhydrique équivalant en somme à l'alcoolchlorométhylique $HO.CH^2Cl$, sans ajouter aucun réactif auxiliaire autre que ClH. Nous avons pu obtenir ainsi les *dérivés chlorométhylés des éthylcarbonates* du *m-crésol* (rendement = 12 à 30 pour 100), du *m-xylénol* 1.3.5 (cristallisable, $Eb_3$ = 151°-153°, rendement = 60 pour 100), du *gayacol* (cristallisable, $Eb_6$ = 180°, rendement = 60 pour 100), du *guéthol* (cristallisable, $Eb_3$ vers 180°, rendement = 80 pour 100). Les éthylcarbonates dérivés du phénol ordinaire et du paracrésol, traités dans les mêmes conditions que les précédents, n'ont, jusqu'ici, conduit qu'à des résultats faibles ou nuls.

On se trouve ainsi ramené à un procédé de chlorométhylation, dont on trouve, semble-t-il, la première indication dans un brevet allemand (1) qui en recommandait l'emploi en vue de l'obtention de l'aldéhyde et de l'acide chlorométhylsalicyliques en particulier. Ce procédé a été, au cours des dernières années, l'objet de nouvelles applications, en particulier aux éthers-oxydes de phénols (2).

Il est indiqué, à ce sujet, qu'un mélange d'acide chlorhydrique et d'aldéhyde formique fait directement passer l'anisol à l'état de dérivé dichlorométhylé, tandis que l'éther méthylique du paracrésol et l'oxyde de phényle ne donnent naissance qu'à des dérivés monochlorométhylés. Cette différence de comportement, d'ailleurs relevée dans le travail cité, avait retenu notre attention en ce que la formation du composé *o.p*-dichlorométhylé de l'anisol ne se comprend guère en tant que résultat d'une double substitution simultanée, mais bien plutôt comme résultat de deux substitutions successives dont la première doit correspondre au dérivé monosubstitué en para.

Nous avons donc repris la question dans le but de vérifier si, éventuellement, la réaction sur l'anisol ne pouvait pas être limitée à ce premier stade. Après quelques recherches préliminaires, nous obtînmes des résultats tout à fait favorables.

Si l'on ajoute, en effet, lentement à un mélange de $300^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique concentré et d'une solution de 1 mol/g d'anisol dans $300^{cm^3}$ de benzène, le tout étant préalablement saturé de gaz ClH à 0°, une solution de 1 mol/g de paraformaldéhyde dans $450^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique concentré, puis qu'on laisse en contact pendant une

(1) Farbenfabriken vorm. Fr. BAEYER et C°, D. R. P., 113723 du 15 janvier 1899.

(2) I. G. Farbenindustrie A. G., D. R. P., n° 567753 du 8 mars 1928 et n° 569570 du 4 octobre 1930.

heure en agitant pendant toute la durée de l'opération, on obtient un produit d'où l'on peut isoler, comme fraction principale, le *p-chlorométhylanisol* ($Éb_5 = 95^o$) formé avec un rendement de 50 à 60 pour 100, et transformable par l'hexaméthylènetétramine en aldéhyde anisique ($Éb_4 = 111-114^o$) qui, par oxydation à l'air, donne de l'acide anisique.

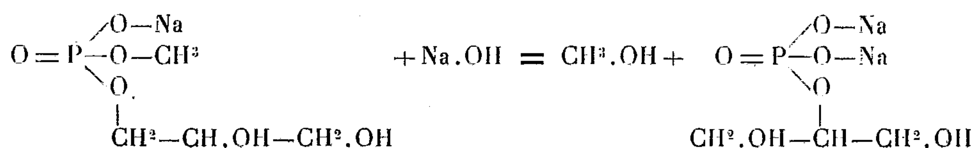
Le phénétol conduit, de même, à un *dérivé chlorométhylé* ($Éb_3 = 105-107^o$; rendement $= 65-70$ pour 100); l'*aldéhyde éthoxybenzoïque* correspondante est liquide ($Éb_8 = 124-125^o$). Le butylphénol $C^4H^9-O.C^6H^5$ a fourni également, un *dérivé chlorométhylé* ($Éb_3 = 115-135^o$); l'*aldéhyde butoxybenzoïque* est liquide, ($Éb_3 =$ vers $135^o$).

L'emploi du mélange $H-CHO + ClH$ apporte donc un moyen facile de chlorométhyler les éthers carboniques mixtes et les éthers-oxydes des phénols. Des recherches en cours nous permettent d'indiquer que les aldéhydes acétique, propionique et isobutyrique, en présence d'acide chlorhydrique, se comportent de même, vis-à-vis non seulement de dérivés de phénols, mais d'hydrocarbures aromatiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Migration du radical phosphorique au cours de l'hydrolyse du diester méthyl-α-glycéro-phosphorique. Passage des α aux β-glycérophosphates.* Note de MM. **Octave Bailly** et **Jacques Gaumé**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons récemment montré [1] que l'hydrolyse alcaline ménagée du diester mixte méthylglycido-phosphorique (méthylépoxy-1.2-propylphosphorique) conduit à l'obtention *anormale* de β-glycérophosphate de sodium.

Nous avons pensé que cette formation irrégulière avait vraisemblablement son origine dans la migration du radical phosphorique, de la position α à la position β, au cours de l'hydrolyse du diester méthyl-α-glycérophosphorique, provenant de la fixation de $H^2O$ sur la fonction époxyde du diester méthylglycido-phosphorique [2] :



([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1932.

([2]) Une hypothèse plus simple, à savoir l'isomérisation du monoester α-glycérophosphorique, dérivant normalement de l'hydrolyse du diester méthylglycido-phosphorique, en monoester β sous l'influence de Na.OH, n'a pas résisté à l'épreuve de l'expérience.

C'est la vérification du bien-fondé de cette transposition qui fait l'objet du présent travail.

Nous avons préparé une solution de diester méthyl-α-glycéro-phosphorique en agitant, à la température du laboratoire, une solution aqueuse d'α-glycérophosphate de sodium cristallisé que Charpentier et Bocquet [1], les premiers, sont récemment parvenus à obtenir sous cet état, avec une proportion équimoléculaire de sulfate de méthyle. L'analyse de la liqueur de réaction et, en particulier, l'application à cette liqueur de l'élégante méthode de dosage du reste α-glycéryl de P. Fleury et R. Paris [2], démontrent qu'il se forme, dans ces conditions, 65 pour 100 de diester méthyl-α-glycéro-phosphorique, tandis que 35 pour 100 de l'α-glycérophosphate de sodium utilisé demeure inaltéré et qu'une égale proportion de sulfate de méthyle est transformée, par hydrolyse, en acide méthylsulfurique.

Toutes les tentatives d'isolement du diester auxquelles nous nous sommes livrés étant demeurées vaines, force nous a été de poursuivre notre but sur la liqueur elle-même. Après l'avoir exactement neutralisée en présence de phtaléine, nous l'avons, en conséquence, additionnée de la quantité de soude calculée pour produire une hydrolyse totale du diester en monoesters et portée au bain-marie bouillant pendant trois heures.

L'analyse de la liqueur d'hydrolyse démontre que le diester a bien été quantitativement transformé en monoesters, mais que, en outre, 40 pour 100, environ, du reste α-glycéryl a disparu à l'épreuve de Fleury et Paris. Cette seule observation est suffisante, pour permettre de conclure à la migration du radical phosphorique, d'α en β, au cours de l'hydrolyse alcaline du diester méthyl-α-glycéro-phosphorique. Il faut bien admettre, en effet, ou que ce radical a été, par suite de la migration du reste phosphorique, transformé en radical isomérique β-glycéryl, ou qu'il a été éliminé par hydrolyse en donnant naissance à du glycérol. Or, cette seconde alternative peut être d'emblée repoussée, puisque le glycérol, ainsi que l'a montré L. Malaprade [3], se comporte non seulement comme le reste α-glycéryl vis-à-vis de l'acide periodique (réactif de Fleury et Paris), mais que, bien mieux, il le réduit en acide iodique à dose moléculaire moitié moindre.

Nous avons pensé, toutefois, que nous n'aurions pleinement démontré

---

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 104.
(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1416.
(3) *Bull. Soc. chim.*, **43**, 1928, p. 694.

l'exactitude de la migration étudiée que si nous arrivions à isoler le β-glycérophosphate de sodium, auquel elle doit donner naissance. Nous y sommes parvenus au moyen d'une technique assez compliquée, dont nous nous limiterons à mentionner ici les principales étapes : isolement des monoesters phosphoriques d'hydrolyse à l'état de sels de baryum, traitement de ces sels par la méthode de Karrer et Salomon ([1]) qui conduit à l'obtention du sel double de ces auteurs et régénération, à partir de ce sel double, du β-glycérophosphate de sodium, à l'état cristallisé.

Nous ajouterons que la migration du radical phosphorique, qui n'est pas totale, s'effectue dans la proportion des deux tiers, environ, et que nous n'avons pas pu déceler trace de monoester méthylphosphorique dans les produits d'hydrolyse alcaline du diester méthyl-α-glycéro-phosphorique, qui se trouve, ainsi et en outre, réaliser la première des alternatives envisagées dans le second paragraphe de notre précédente Note (*loc. cit.*).

Enfin, nous ferons remarquer que l'action du sulfate de méthyle sur l'α-glycérophosphate de sodium, suivie de celle de la soude sur le diester en résultant, constitue un véritable procédé de passage des α- aux β-glycérophosphates et nous rapprocherons, pour terminer, la migration étudiée dans ce travail de celle comparable, découverte par Émil Fischer ([2]), du groupe acyl lors du remplacement de I par OH dans les diacyliodhydrines symétriques du glycérol : $CH^2OA - CH.I - CH^2OA$, qui conduit à l'obtention des diglycérides αβ : $CH^2.OA - CH.OA - CH^2.OH$ et non à celle, attendue, des diglycérides αα' : $CH^2.OA - CH.OH - CH^2.OA$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude dans la série du sulfure de diphénylène.* Note ([3]) de M. **Ch. Courtot**, présentée par M. Delépine.

I. Le monochlorodiphénylènesulfure $f = 113°$ ([4]), par oxydation au perhydrol, en solution dans un mélange d'acide et d'anhydride acétique, est transformé en chlorodiphénylènesulfone, aiguilles incolores transparentes $f = 249°$ (corr.).

La monobromodiphénylènesulfone, $f = 266\text{-}267°$, a été obtenue en oxydant, en milieu acétique, le bromodiphénylènesulfure, $f = 126°$, au moyen du bichromate de potassium ([4]).

---

([1]) *Helv. Ch. Acta*, 9, 1926, p. 6.

([2]) *D. ch. G.*, 53, 1920, p. 1621 (Mémoire posthume).

([3]) Séance du 18 juin 1934.

([4]) Ch. Courtot, L. Nicolas et Tchang Han Liang, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1624.

L'acide monosulfonique du sulfure de diphénylène (sulfochlorure $f = 141°$), soumis à l'oxydation par le perhydrol, conduit à l'acide diphénylènesulfonemonosulfonique, variété hydratée $f = 276°$, caractérisé par son sulfochlorure, prismes jaunâtres $f = 234$-$235°$, ses sels de sodium, baryum, plomb.

La dichlorodiphénylènesulfone $f = 340°$ (corr.) se prépare en oxydant par l'eau oxygénée le dichlorodiphénylènesulfure $f = 212°$. Elle se présente en aiguilles transparentes incolores, recristallisée de l'alcool.

La dibromodiphénylènesulfone se forme dans l'oxydation, soit au bichromate, soit à l'eau oxygénée, du dibromodiphénylènesulfure $f = 229°$. Ce sont de belles aiguilles blanches $f = 361$-$362°$ (*loc. cit.*).

La disulfodiphénylènesulfone est engendrée par oxydation de l'acide disulfonique du diphénylènesulfure. Elle a été caractérisée par son disulfochlorure, qui fond avec décomposition, par projection sur le bloc Maquenne entre 333 et 340°, et par son sel disodique.

II. Nous avons soumis toutes ces sulfones à l'action de la soude caustique humide à température relativement élevée (195-230°).

Tous les dérivés monosubstitués conduisent, avec des rendements variables selon les cas, à de l'hydroxydiphénylènesulfone. C'est un produit blanc, $f = 256$-$258°$; acétate, $f = 269°$; benzoate, $f = 176°$.

Le substituant est attaqué alors que le cycle médian résiste. Cependant la réaction n'est pas univoque et sur une fraction ce cycle est rompu; il se forme alors une certaine quantité d'acide hydroxydiphényl-2 sulfonique.

Quant aux dérivés bisubstitués, si le dérivé disulfonique conduit, d'ailleurs avec de faibles rendements, à la dihydroxydiphénylènesulfone, corps blanc argenté, $f = 331°$; dibenzoate, $f = 227$-$228°$, les dérivés dihalogénés engendrent surtout des composés diphényliques : les substituants résistent, alors que l'anneau sulfuré est rompu et donne naissance à un groupe sulfonique fixé en position 2 sur le squelette diphénylique. Ainsi la dichlorodiphénylènesulfone conduit à l'acide dichlorodiphényl 2-sulfonique, caractérisé par son sulfochlorure $f = 202°$. La dibromodiphénylènesulfone se comporte d'une façon analogue ([1]).

III. D'autre part, de même que les composés diphényliques 2-carboxylés, substitués ou non, peuvent être cyclisés en dérivés fluorénoniques ([2]) l'acide diphényl 2-sulfonique, par l'intermédiaire de son sulfochlorure, en présence de $Cl^6Al^2$ et en solution sulfocarbonique, se cyclise en diphénylènesulfone ([3]).

---

([1]) Ch. Courtot et M. Chaix, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1667.

([2]) Ch. Courtot, *Annales de Chimie*, **13**, 1930, p. 1-146.

([3]) Chaix, *Bul. Soc. chim.*, **53**, 1933, p. 700.

Nous avons appliqué ce procédé à deux acides 2-sulfoniques du diphényle, substitués en outre par un halogène en position 5, mais en milieu nitrobenzénique, dans lequel les rendements son meilleurs.

Le 5-chloro 2-aminodiphényle de Scarborough et Waters (1) et de Th. de Crauw (2) $f = 54°$, diazoté, transformé en acide sulfinique puis en acide sulfonique, conduit ainsi finalement à un 5-chloro 2-sulfochlorure du diphényle $f = 102°$ qui, cyclisé dans les conditions ci-dessus indiquées, donne une chlorodiphénylènesulfone $f = 249°$ n'abaissant pas le point de fusion de la chlorodiphénylènesulfone décrite au début de cette Note et conduisant comme elle à l'hydroxydiphénylènesulfone $f = 258°$.

Par ailleurs, le 5-bromo-2-aminodiphényle de Scarborough et Waters (1) soumis à la même série de transformations donne un 5-bromo-2-sulfochlorure du diphényle $f = 119°$ (corr.) qui, cyclisé, mène à la bromodiphénylènesulfone du paragraphe I.

IV. Or nous avons établi que les substituants : sulfonique, sulfinique, nitré, aminé, chloré, bromé, iodé, hydroxylé, thiophénolique, carboxylé, occupent la même position de monosubstitution dans le sulfure de diphénylène et, par suite, dans les sulfones correspondantes.

Il est démontré, en outre, que le deuxième substituant, identique ou non au premier, se place, dans nos conditions opératoires, dans le second noyau benzénique du sulfure de diphénylène et dans une position symétrique de la première substitution (3).

Enfin il a été fixé que le substituant halogéné se place, soit en ortho, soit en para de l'atome de soufre du sulfure de diphénylène (4).

Comme nous obtenons, par cyclisation des 5-halogénodiphényl-2-sulfochlorures, des halogénodiphénylènesulfones identiques à celles préparées directement, au départ du sulfure de diphénylène, il s'ensuit que dans cette molécule le substituant se trouve en para de l'atome de soufre, c'est-à-dire en 3.

De tout ce que nous avons dit précédemment, il ressort que le second substituant entre en position para dans le second noyau vis-à-vis du soufre, c'est-à-dire en 6.

---

(1) *J. of chem. Soc.*, 1927, p. 93.
(2) *Trav. chim. P.-B.*, 50, 1931, p. 774.
(3) Ch. Courtot et J. Kelner, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2003.
(4) Ch. Courtot et M. Chaix, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1667.

Les positions 2 et 7, que nous avions admises précédemment, sont à rejeter.

La collaboration, pour la partie expérimentale, est due à MM. J. Benaïm, M. Chaix, J. Kelner et F. de Rochebouët.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation d'un mélange de deux aldéhydes α éthyléniques.* Note de M. **Wiemann**, présentée par M. Delépine.

J'ai montré ([1]) que l'hydrogénation par le couple zinc-cuivre et l'acide acétique, d'un mélange d'acroléine et d'aldéhyde crotonique donnait trois glycols; une distillation avec une bonne colonne Crismer munie d'un rétrogradateur a montré que l'on obtient 15 à 18 pour 100 de chacun de ces glycols.

Il était intéressant de voir ce que donneraient des mélanges de deux aldéhydes se différenciant plus l'une de l'autre que l'acroléine et son homologue supérieur; je me suis adressé au furfurol additionné soit de l'une, soit de l'autre des deux aldéhydes précitées.

Le furfurol hydrogéné tout seul dans les mêmes conditions donne surtout des résines, un peu d'alcool furfurylique et des produits distillables noircissant rapidement.

Un mélange en proportions équimoléculaires de furfurol et d'aldéhyde crotonique donne 10 pour 100 de dipropénylglycol et 15 pour 100 de propénylfurfurylglycol.

En prenant $3^{mol}$ de furfurol et $4^{mol}$ d'acroléine, j'ai obtenu 15 pour 100 de divinylglycol et 40 pour 100 de vinylfurfurylglycol; même en tenant compte des différences de poids moléculaire du radical vinyl et du radical furfuryl, on voit qu'on obtient un excès du glycol mixte.

Voici les constantes des glycols obtenus :

Vinylfurfurylglycol $CH^2 : CH.CHOH.CHOH.C^4H^3O$ (C %, 61,96; H %, 6,69 pour 62,34 et 6,49 théorique). Éb., 115-116° sous $3^{mm}$; $n_D^{21°}$, 1,5130; $D_4^{21}$, 1,1612, ce qui donne R. M. 39,85 pour 40,24 théorique.

Propénylfurfurylglycol $CH^3.CH : CH.CHOH.CHOH.C^4H^3O$ (C %, 63,86; H %, 7,22 pour 64,29 et 7,14 théorique). Éb., 125° sous $2^{mm}$,8; $n_D^{20°}$, 1,5120 et $D_4^{20}$ 1,1322, ce qui donne R. M. 44,51 au lieu de 44,85 théorique.

Chacun de ces glycols est constitué par un mélange des deux racémiques

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 118.

prévus par la présence de deux carbones asymétriques. En les traitant par l'isocyanate de phényle, on obtient en effet pour chaque glycol deux phényluréthanes.

Ainsi le vinylfurfurylglycol m'a donné une première phényluréthane (F. 189°) difficilement soluble dans l'alcool et l'éther (N pour 100, 7,29; théorie, 7,14) et une deuxième (F. 116-118°) facilement soluble dans l'éther et l'alcool (N pour 100, 7,33 pour 7,14).

De même, le propénylfurfurylglycol fournit une première phényluréthane difficilement soluble, fondant à 222-223° (bloc Maquenne), donnant 7,04 pour 100 N au lieu de 6,90 théorique, et une deuxième très soluble et fondant beaucoup plus bas.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'action du complexe iodo-argento-benzoïque sur les carbures érythréniques*. Note de MM. **Charles Prévost** et **René Lutz**, présentée par M. Delépine.

L'un de nous a signalé [1] très rapidement que le complexe iodo-argento-acétique agit molécule à molécule sur l'hexadiène-2.4, conduisant à un mélange de diacétines $\alpha$ et $\gamma$. Les rendements sont faibles, et la diacétine $\alpha$ prédomine nettement.

Nous avons repris l'action du complexe iodo-argento-benzoïque, pris cette fois-ci en grand excès, d'une part, sur le phényl-1-butadiène-1.3, d'autre part, sur l'hexadiène-2.4, espérant atteindre ainsi des éthers tétrabenzoïques d'érythritols. Dans le premier cas, la réaction nous a fourni un sirop extrêmement épais parsemé de cristaux qui n'ont pu en être séparés, même par l'assiette poreuse; dans le second cas, le sirop très épais obtenu n'a pas cristallisé, même après plusieurs mois.

Un tel échec semble dû à la multiplicité des isomères stériques que la théorie prévoit : 4 dans le premier cas, 6 dans le second en comptant chaque racémique pour une espèce unique. Mais la présence simultanée d'un grand nombre d'isomères en quantités comparables, qui sans doute entrave la cristallisation, est l'indice d'une fixation stérique désordonnée, fixation qui n'est guère compatible qu'avec une addition en $\alpha$ de la première molécule de complexe.

C'est pourquoi nous avons repris l'étude de la question dans le cas bien plus simple de l'érythrène : $CH^2 = CH - CH = CH^2$.

---

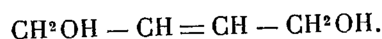
(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1662.

Nous avons constaté d'abord que ce carbure traité en solution benzénique bouillante par un grand excès de complexe iodo-argento-benzoïque, en présence d'un excès de benzoate d'argent, donne bien l'éther tétrabenzoïque de l'érythritol inactif (F. 187°) déjà décrit. Mais la réaction est lente, et le rendement en corps cristallisé n'est guère que de 60 pour 100. Il se forme en même temps un sirop épais contenant un peu d'iode combiné, mais constitué très probablement en majorité par le mélange des tétrabenzoates inactif et racémique.

En faisant agir au contraire un grand excès d'érythrène sur une quantité limitée de complexe additionné d'un excès de benzoate d'argent, nous avons pu obtenir, après de longues heures de chauffage dans les conditions ordinaires, un liquide faiblement sirupeux ne contenant plus que des traces d'iode.

Ce liquide, soumis à la distillation fractionnée sous une pression inférieure à 1$^{mm}$, bout aux environs de 170°, en se décomposant partiellement.

Ce n'est pas l'éther dibenzoïque de l'érythrène glycol γ :



$$CH^2OH - CH = CH - CH^2OH.$$

car cet éther, que nous avons obtenu d'autre part en traitant le glycol ci-dessus par le chlorure de benzoyle en présence de pyridine, est cristallisé et fond à 101°.

Le liquide en contient même très peu, car non seulement les cristaux fondant à 101° n'en amorcent pas la cristallisation, mais encore s'y dissolvent. Seule l'ultime goutte de la distillation, bien que ne cristallisant pas sensiblement, ne dissout cependant plus les germes.

Tout fractionnement précis semblant impossible sur les éthers dibenzoïques, nous avons saponifié le produit brut de la réaction, et distillé les glycols résultants; nous avons pu ainsi isoler d'une part l'érythrol :



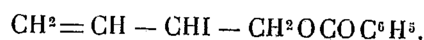
$$CH^2OH - CHOH - CH = CH^2,$$

avec un rendement de 80 pour 100 environ compté à partir de l'iode utilisé, et des traces d'érythrène glycol γ (moins de 4 pour 100). Nous avons dû, pour identifier ce dernier, le transformer en éther dibenzoïque cristallisé.

La conclusion de ces expériences, c'est que le complexe iodo-argento-benzoïque se fixe de façon tout à fait prépondérante en 1.2 sur l'érythrène, et non en 1.4, comme on eût pu le croire par analogie avec la fixation du brome qui s'était montrée d'autre part très semblable (*loc. cit.*).

Nous avons tenu à lever un dernier doute sur des isomérisations possibles

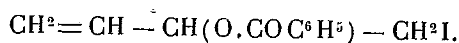
au cours des réactions intermédiaires. Nous avons donc vérifié que le dibromure d'érythrène : $CH^2Br - CH = CH - CH^2Br$ conduit rapidement et quantitativement, par chauffage avec le benzoate d'argent dans le benzène, au dibenzoate fondant à 101°. Il n'y a donc pas, dans cette double décomposition, régression de l'un des groupes $C^6H^5CO.O$, en position $\alpha$. D'ailleurs si le complexe se fixait en 1 2 dans le sens indiqué par la formule ci-dessous :



$$CH^2 = CH - CHI - CH^2OCOC^6H^5,$$

l'atome d'iode passerait sans doute spontanément en position $\gamma$, et en tout cas une telle transposition se ferait certainement au cours de la seconde phase de l'action du complexe (*loc. cit.*, p. 1661). De plus, la réaction d'un atome d'iode allylique serait rapide, plus rapide même que celle des atomes de brome allyliques du bromure d'érythrène.

Il est donc absolument certain que le produit primaire de l'action du complexe iodo-argento-benzoïque sur l'érythrène a pour formule



$$CH^2 = CH - CH(O.COC^6H^5) - CH^2I.$$

Cet intermédiaire peut être isolé; nous nous proposons de l'employer comme agent de synthèse.

PÉDOLOGIE. — *Sur la question des sols enterrés d'Alsace.* Note de M. V. Agafonoff.

Dès 1891, Richthoffen a signalé la présence d'horizons foncés dans les lœss de Chine; à peu près à la même époque les pédologues russes (Dokoutchaeff) ont trouvé des horizons analogues dans le Gouvernement de Poltava, et les géologues allemands dans les lœss d'Alsace (E. Schumacher). En août 1929, j'ai étudié, avec MM. Arabu, Paulin et Franc ed Ferriere les lœss d'Aachenheim (Sandhauser et Schaeffer). Le premier se trouve à 300$^m$ au sud du village; le second à 500$^m$ sud-est.

Dans la carrière Sandhauser, les couches sont inclinées à 33 pour 100 sur l'horizon, excepté celle du sol arable brun qui est horizontale. Sous ce sol se trouve une couche de 3$^m$,50 de lœss jaunâtre stratifié, riche de poupées gris jaunâtre, plates et petites (de 1-2$^{cm}$); qui forment des lits de même inclinaison. Dans ce lœss se trouvent deux couches de sols enterrés qui se ressemblent, mais le sol inférieur (65$^{cm}$) est plus brun et plus fin que le sol supérieur. Des lentilles de sable rouge, et de marnes

*Analyses globales (Achenheim).*

| | Sol enterré n° 1 (carr. Sandhauser) | | Sol enterré n° 2 (carr. Sandhauser) | | Carrière Schäffer A (sol) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | en %. | en mol. | en %. | en mol. | en %. | en mol. |
| $SiO^2$ | 63,58 | 1060 | 58 | 967 | 67,54 | 1126 |
| $Al^2O^3$ | 10,57 | 104 | 8,75 | 85 | 8,67 | 85 |
| $Fe^2O^3$ | 3,88 | 24 | 2,94 | 18 | 2,40 | 15 |
| FeO | 0,29 | 4 | 0,88 | 13 | 0,78 | 11 |
| CaO | 5,86 | 105 | 11,04 | 197 | 4,10 | 73 |
| MgO | 1,33 | 33 | 2,23 | 56 | 1,34 | 33 |
| $Na^2O$ | 1,01 | 16 | 1,39 | 23 | 1,65 | 26 |
| $K^2O$ | 1,99 | 21 | 1,92 | 20 | 1,87 | 20 |
| $TiO^2$ | 0,86 | 11 | 0,78 | 10 | 0,84 | 10 |
| $P^2O^5$ | 0,07 | 1 | 0,07 | 1 | 0,05 | 1 |
| MnO | 0,20 | 3 | 0,19 | 3 | 0,19 | 3 |
| $CO^2$ | 4,06 | 91 | 7,56 | 173 | 2,84 | 64 |
| Perte — | 3,16 | | 1,84 | | 2,36 | |
| Perte + | 2,79 | | 2,21 | | 2,88 | |
| Humus | 0,92 | | 0,49 | | 2,50 | |
| | 100,57 | | 100,29 | | 100,01 | |

| Localités. | Attaque 5 % KOH (méthode Gedroïtz). $SiO^2$. | $Al^2O^3$. | $Fe^2O^3$. | Kaolin. | $+SiO^2$. | $+Al^2O^3$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Aachenheim A (sol carrière Schäffer) | 0,78 | 0,23 | 0,02 | 0,50 | 0,51 | – |
| 2. Aachenheim E (lœss, carrière Schäffer) | 0,60 | 1,20 | 0,17 | 1,11 | – | 0,69 |
| 3. Aachenheim, sol enterré I (carrière Sandhauser) | 0,80 | 0,42 | 0,06 | 0,92 | 0,30 | – |
| 4. Aachenheim, sol enterré II (carrière Sandhauser) | 0,89 | 0,50 | 0,04 | 1,09 | 0,30 | – |
| 5. Strasbourg, lœss récent | 0,52 | 0,55 | – | 0,96 | – | 0,21 |
| 6. Strasbourg, lœss ancien | 0,90 | 0,98 | – | 1,66 | – | 0,22 |

| | Échange des ions de base du sol par les ions H (méthode Gedroïtz). | | | | Dosage de $CO^2$, perte à 105-110, perte au feu, humus, pH et des colloïdes. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Perte | | | | Colloïdes | |
| | $Al^2O^3$. | $Fe^2O^3$. | CaO. | MgO. | $CO^2$. | 105-110. | au feu. | Humus. | pH. | argileux. | humiques. |
| 1. | – | traces | 0,82 | traces | 2,84 | 2,36 | 2,14 | 3,24 | 8,30 | 17,5 | 1,6 |
| 2. | – | – | 0,67 | – | 9,3 | 0,51 | 1,7 | 0,74 | 8,45 | – | – |
| 3. | – | – | 0,78 | 0,037 | 4,08 | 3,16 | 2,79 | 0,92 | 8,20 | 32,1 | 2,25 |
| 4. | – | – | 0,65 | 0,08 | 7,56 | 1,84 | 2,21 | 0,49 | 8,15 | 16,5 | 0,28 |

verdâtres apparaissent dans le milieu de la coupe. Dans la carrière Schäffer les couches sont horizontales. Le sol arable (A + B; voir le tableau d'analyses) est plus développé que dans la carrière, précédente, repose sur l'horizon brunâtre C qui ressemble au sol enterré I de la carrière précédente ($CO^2$, 4,11, perte ±6,52, l'humus, 1,06). Sous cet horizon on trouve D-lœss sableux brun jaunâtre non stratifié, ayant quelque ressemblance avec le sol enterré II de la carrière précédente ($CO^2$, 10,76 pour 100, perte 2,51 pour 100, l'humus 0,54 pour 100). L'horizon D repose sur une couche massive de lœss stratifié ε (voir tableaux d'analyses) qui se repose sur l'horizon F-limon brunâtre ($CO^2$, 2,86 pour 100, perte ±6,32 pour 100, l'humus 0,54 pour 100). A la base se trouve un sable rose, rencontré dans la carrière Sandhauser sous forme de lentilles.

En se basant sur cette description et sur l'analyse chimique (M. Raoult) et en comparant ces sols enterrés aux formations analogues des autres pays nous pouvons dire que : 1° ceux des deux carrières étudiées ressemblent à certains sols enterrés russes et serbes, par leur composition chimique (petite quantité d'humus, surtout en comparaison avec celle des tchernozioms, mais plus grande que celle de lœss); 2° les sols étudiés diffèrent des sols enterrés russes et serbes par leur stratigraphie variable sur une faible distance, tandis que ces derniers sont constants et uniformes sur des centaines de kilomètres carrés; 3° l'étude de la carrière Sandhauser montre que la formation de ces sols enterrés peut être mieux expliquée par l'influence des eaux souterraines que par le processus pédologique normal. Glinka a souvent préféré cette explication même pour quelques sols enterrés lœssiques russes.

Les sols enterrés ont été étudiés, avec plus de détails dans les lœss du sud de la Russie, et de Yougoslavie. La plupart des auteurs russes et serbes les comparent aux tchernozioms actuels. Wernert (1925) a montré que la faune des sols enterrés d'Alsace comprend des formes steppiques et des formes forestières. En se basant sur ce fait et sur la morphologie qu'il a donnée des sols enterrés d'Aachenheim, M. Erhart a admis que les sols enterrés dans le lœss ancien d'Alsace sont des tchernozioms (forestiers) dégradés. Mais la théorie de cet auteur sur la formation des tchernozioms « par un ensablement lent et progressif », ainsi que son affirmation « qu'un tchernoziom n'est jamais décalcifié, que c'est un sol homogène et uniforme depuis la surface jusqu'à la roche mère » sont en contradiction assez marquée avec les caractéristiques reconnues des tchernozioms.

GÉOLOGIE. — *Sur la position des tufs rhyolitiques viséens de la vallée de la Sioule (Puy-de-Dôme) et l'âge antéhercynien des gneiss et des granites de la partie nord-ouest du Plateau Central.* Note de M. **J. Jung**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans les vallées de la Sioule et du Cher, la série dévono-dinantienne est réduite à quelques affleurements dispersés de tufs rhyolitiques dont l'âge viséen est démontré, d'une part, par leur identité d'aspect avec ceux du Morvan, d'autre part, par l'intercalation, près de Château-sur-Cher, de lentilles de calcaire à *Endothyra*. On pouvait attribuer la disparition des termes inférieurs, du Tournaisien et du Dévonien, soit au métamorphisme, soit au laminage tectonique, soit encore à une simple transgression du Viséen sur un socle ancien.

Dès 1920, G. Garde, dans une Note très précise (¹), mais dont l'importance semble avoir été méconnue, avait décrit à la butte de Concize, dominant Châteauneuf-sur-Sioule, la superposition normale des tufs à des arkoses à anthracite, reposant elles-mêmes horizontalement sur un socle fait de micaschistes et de granite. Or, ceci est la règle pour les autres lambeaux viséens situés plus au Sud, à l'Ouest de la vallée de la Sioule. La cote 838, à l'Ouest de Bromont-la-Mothe, près de Pontgibaud, est une butte-témoin de tufs rhyolitiques posée horizontalement sur un socle où l'on reconnaît, associés à des micaschistes très redressés, des gneiss grenus à nodules de cordiérite, connus sous le nom de Gneiss d'Aubusson. Plus au Sud encore, le plateau d'Augère (cote 913), près de Gelles, est formé d'une couverture de tufs, contenant vers la base des lits schisteux et gréseux et des galets de granite ou quartzite, reposant, en position également subhorizontale, sur un complexe fait de gneiss et de granite à grain fin et du granite porphyroïde à énormes cristaux d'orthose de Gelles. Ces lambeaux semblent posés sur une ancienne pénéplaine antéviséenne, peu disloquée par les mouvements tectoniques. Les témoins de la couverture de tufs rhyolitiques se retrouvent plus à l'Ouest encore, vers Pontaumur, mais ils sont pincés, ici, dans le sillon houiller et l'on n'en distingue plus le substratum.

Or, de l'autre côté de la Limagne, les lambeaux dévono-dinantiens classiques (²) de Cusset, de Ferrières et les vastes synclinaux de la Loire et du

(¹) G. Garde, *Bull. Soc. géol. France*, 4ᵉ série, 20, 1920, p. 141.
(²) Alb. Michel-Lévy, *Bull. Serv. Carte géol. France*, 18, 1907-1908, p. 4.

Morvan montrent des caractères stratigraphiques bien différents. Sous les tufs viséens, datés par des calcaires à *Endothyra*, on trouve, en concordance, une série complète comprenant le Tournaisien, le Famennien et le Frasnien. De plus ces terrains sont fortement plissés et percés par d'immenses batholithes granitiques, qui métamorphisent toute la série jusqu'au Viséen inclus ([1]). On se trouve, ici, dans le domaine typique du géosynclinal hercynien.

Le passage d'une zone isopique à l'autre n'est malheureusement marqué par aucun témoin intermédiaire. Il y a, en effet, 30$^{km}$ en ligne droite entre le bassin de Cusset et celui de Manzat et 20$^{km}$ entre le Tournaisien métamorphique et plissé de la vallée de Royat et les tufs d'Augère.

Une conclusion s'impose cependant, d'après laquelle la partie septentrionale du Plateau Central comprendrait deux pays très différents : vers l'Est, couvrant le Morvan, la Loire et l'Auvergne, une dépendance du géosynclinal hercynien et vers l'Ouest, un vieux bouclier, autour duquel nous trouvons les traces des rivages des mers paléozoïques.

Ces considérations stratigraphiques, jointes à celles d'Alb. Michel-Lévy dans la Montagne-Noire ([2]), sont d'accord avec la synthèse de la chaîne hercynienne que nous avons proposée ([3]) et, plus spécialement, avec l'hypothèse d'un massif médian antéhercynien, tirée par E. Raguin ([4]) de l'étude des formations cristallines du vieux socle.

GÉOLOGIE. — *La série paléozoïque des territoires du Tafilalelt (Maroc).* Note de M. **L. Clariond**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai publié récemment ([5]) deux coupes du Dj. Sarro, décrivant au Nord et au Sud du massif une série ancienne allant du Précambrien à l'Eifélien. Mes dernières observations, complétées en ce qui concerne le Cambrien par celles de J. Bondon, permettent de préciser les caractères de la série dans le pays situé entre le Sarro et le Tafilalelt.

---

(1) Alb. Michel-Lévy, *Bull. volcanologique*, 6, 1929, p. 57.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1366.

(3) J. Jung, *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 2, 1928, p. 435.

(4) *Bull. Soc. géol. France*, 4e série, 30, 1930, p. 51.

(5) L. Clariond et H. Termier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 191; J. Bondon, L. Clariond et L. Neltner, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 590.

De bas en haut la coupe est la suivante :

*Précambrien.* — Granites et schistes peu ou pas métamorphiques.

*Cambrien.* — *a.* Conglomérats à éléments de rhyolites et de schistes métamorphiques; leur épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs mètres.

*b.* Coulées de rhyolites avec intercalations de tufs. Épaisseur moyenne : 200$^m$.

*c.* Grès roses ou blancs avec passées calcaires et conglomérats à éléments éruptifs. Épaisseur : 200$^m$. Le sommet de ces grès ayant fourni à J. Bondon [1] sa faune de passage du Géorgien à l'Acadien, les termes *a*, *b*, *c* doivent être considérés comme géorgiens.

*d.* Schistes verts avec minces passées calcaires à *Ellipsocephalus*, *Ptychoporia*, *Paradoxides* et Lingulidés. Épaisseur : 150$^m$.

*e.* Grès blancs et quartzites dont le sommet a fourni à J. Bondon [2] : *Conocoryphe Sulzeri.*

Les termes *d* et *e* sont acadiens et comme on trouve immédiatement au-dessus l'Ordovicien, il ne semble pas qu'il y ait de Postdamien.

*Ordovicien.* — *a.* L'Ordovicien débute par 150$^m$ environ de schistes verts où j'ai trouvé *Calymene Aragoi*, *Asaphus* sp. et des Gastéropodes.

*b.* Grès avec passées ferrugineuses pouvant passer latéralement à un minerai de fer oolithique. Le sommet est riche en *Caylmene Aragoi* de grande taille, associés à *Dalmanites socialis*, *Trinucleus ornatus*, *Orthis* et Gastropodes. L'épaisseur totale est d'environ 100$^m$.

*c.* Grès à *Orthis* et *Trinucleus* avec nombreuses passées de calcaires dolomitisés (épaisseur : 200$^m$). La partie inférieure m'a donné *Homanolotus Brongniarti*, *Dalmanites* et *Phacops* (très abondant).

*Calymene Aragoi* est localisé dans l'étage D 1 de Barrande; les niveaux *a* et *b* représentent donc l'Arenig et la base du Llandeilo; les grès à *Homanolotus* appartiennent au Llandeilo, et l'on peut penser que le sommet de la série *c* représente le Caradoc.

*Gothlandien.* — Schistes noirs ou roses à *Monograptus* avec intercalations de calcaires noirs à *Cardiola interrupta*. L'épaisseur totale est de l'ordre de 70$^m$.

*Dévonien* : 1° *Dévonien inférieur.* — *a.* Schistes noirs et grès roses, puis calcaires noirs avec sills de dolérite et intercalations marno-schisteuses à *Orthoceras*, *Agoniatites* sp., *Phacops fecundus* var. *degener* et *Cheirurus Sternbergi*, du Coblentzien supérieur (épaisseur : 30$^m$).

*b.* Grès blancs à *Dalmanites* cf. *Mac Coyi* (20$^m$).

*c.* Calcaires noirs et grès calcareux à *Bronteus* cf. *Rœmeri*, *Phacops*, *Dalmanites*, Polypiers et calices de Cystidés.

2° *Eifélien certain.* — *a.* Schistes et marnes schisteuses passant vers le sommet à des grès tendres (épaisseur : 75$^m$). Ce niveau m'a fourni au Dj. Issoumour : *Rhynchonella bifida*, *Athyris concentrica*, *Atrypa reticularis* var. *aspera*, *Atrypa reti-*

---

(1) J. Bondon et L. Neltner, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 170.

(2) Communication verbale.

*cularis*, *Spirifer*, *Phacops*, et, au Bou-Tcharafine (Tafilalelt) : *Anarcestes* gr. *subnautilinus* et *An.* gr. *lateseptatus*.

*b.* Calcaires grumeleux à *Anarcestes lateseptatus*, *Agoniatites* gr. *evexus*, *Panenca*, *Orthoceras*, *Phacops* et *Grypheus*, la base étant particulièrement riche en Trilobites. Épaisseur : 2$^{m}$.

*c.* Calcaires gris massifs et calcaire grumeleux (3$^{m}$). Le sommet m'a fourni *Pinacites Jugleri*, *Agoniatites* gr. *fulguralis*, *Ag.* gr. *evexus*.

3° *Givétien.* — Calcaires grumeleux puis calcaires marneux à *Anarcestes Rouvillei*, *Phacops*, *Agoniatites* gr. *oxynotus*.

*b.* Calcaires grumeleux à *Agoniatites* gr. *oxynotus*. L'épaisseur totale du Givétien est de l'ordre de 15$^{m}$ dans la région d'Erfoud (Bou Tcharafine).

4° *Frasnien.* — Calcaires bruns ou noirs qui m'ont donné au Bou Tcharafine : *Gomphoceras*, *Manticoceras* (*Mant. intumescens*), *Pharciceras* (*Ph.* gr. *Flenderi* et *lunilicosta*), *Beloceras* gr. *multilobatum*, *Gephyroceras Kayseri*, *Tornoceras simplex*, qui caractérisent les zones $I_{\alpha}$, $I_{\beta}$, $I_{\gamma}$ de Wedekind. Épaisseur : 6$^{m}$.

5° *Famennien.* — *a.* Calcaires ferrugineux et calcaires marneux (20$^{m}$ d'épaisseur au Bou Tcharafine) dont la base m'a fourni : *Sporadoceras biferum*, *Cheiloceras Verneuili*, *Cheiloceras succulum*, *Tornoceras simplex*, qui caractérisent la zone 2 de Wedekind. Le sommet m'a fourni : *Platyclymenia annulata*, *Costaclymenia Wisogorskii*, *Cymaclymenia striata*, *Sporadoceras biferum*, *Sp. Münsteri*, *Imitoceras Stillei*, qui caractérisent la zone 4 de Wedekind.

*b.* Grès ou calcaires marneux, puis schistes verts. J'ai recueilli dans les schistes de Fezzou : *Cymaclymenia striata*, *Oxyclymenia undulata*, *Kalloclymenia subarmata*, et, dans des calcaires marneux de la rive droite de l'Oued Amerbouh, la même faune associée à *Gonioclymenia speciosa*, *Cyrtoclymenia plicata*. Toutes ces espèces caractérisent la zone 5 de Wedekind.

Ces faunes sont à rapprocher des faunes de N. Menchikoff au Sahara [1] et de celles reconnues à Erfoud par H. Termier [2]. Je signale toutefois que les faciès du Givétien et du Dévonien supérieur sont d'autant plus néritiques que l'on se rapproche du massif Sarro-Ougnat. En bordure de l'Ougnat, le Givétien est représenté par 100$^{m}$ de calcaires à Polypiers (*Heliosites porosus*, *Phillipsastrea*, *Cyathophyllum*), et le Dévonien supérieur par des calcaires à Brachiopodes (*Spirifer* aff. *Murchisonianus*).

*Tournaisien.* — Les schistes verts de la butte d'Erfoud m'ont fourni : *Aganides rotatorius*, *Muensteroceras Oweni* var. *parallelum*, *Muensteroceras sphæroidalis*, *Phillipsia*, faune identique à celle qui a été trouvée par N. Menchikoff dans la Saoura et qui caractérise le Tournaisien supérieur.

*Viséen.* — Le massif du Ras Staff est constitué par des schistes et calcaires à *Spirifer bisulcatus*, *Productus* gr. *leuchtenbergensis*, *Lithostrotion*, du Viséen supérieur.

---

(1) *Revue de Géographie phys.*, 3, 1930, II, p. 126.

(2) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 258.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'évolution des tempêtes tropicales.* Note de M. **Ch. Poisson**, présentée par M. Ch. Maurain.

On a peut-être trop souvent répété que les pays tropicaux jouissent de climats d'une régularité quasi parfaite, troublée seulement dans certaines régions maritimes et à intervalles irréguliers par l'apparition soudaine d'un tourbillon atmosphérique violent : d'où la tentation de conclure un peu vite que le typhon est un phénomène isolé, d'autant plus difficile à étudier qu'on ne lui connaît pas de famille.

Chargé depuis dix ans des avertissements de tempêtes dans une des régions à cyclones, l'auteur constate au contraire que, dans les secteurs maritimes exposés aux tempêtes, les conditions atmosphériques sont réellement variables. On peut suivre au jour le jour ces variations par quelques-uns des procédés employés en Europe, en se rappelant toutefois que l'amplitude de la variation barométrique ou thermique est beaucoup plus faible que dans les régions tempérées : il faudra donc des observations très précises et suivies de très près.

Cette exigence explique pourquoi les perturbations faibles ont été généralement négligées par les anciens météorologistes tropicaux : les réseaux sommaires de stations coloniales imparfaitement outillées, l'absence de renseignements sur ce qui se passait en mer loin des côtes, la lenteur des transmissions, ne permettaient pas de suivre utilement l'évolution de dépressions peu profondes et parfois peu étendues; on se préoccupa surtout de trouver des règles sûres pour la détermination des trajectoires suivies par les grands ouragans, afin d'alerter à temps les navires et les populations menacées.

Nos moyens d'information deviennent de plus en plus sérieux : l'emploi général de la télégraphie sans fil à bord des navires, l'envoi par les capitaines de télégrammes météorologiques au cours des traversées, l'amélioration des stations météorologiques côtières ou terrestres, plus nombreuses, dirigées par un personnel mieux instruit, doit nous mettre en état d'étudier désormais toutes les variétés de perturbations maritimes tropicales. L'auteur constate que la gamme de ces variétés est fort étendue : vagues d'air froid ou d'air chaud, orages ou grains, coups de vent, cyclones à grand diamètre, ou tourbillons étroits, toutes ces formes sont représentées sur l'océan Indien méridional.

La tempête tropicale ou typhon n'est plus un être isolé, donc mysté-

rieux. Sur nos cartes, il prend même des aspects changeants : il se creuse ou se comble, il s'étend; à certains moments, sa marche se ralentit, change de direction, ou repart en accélérant son allure; jamais une perturbation ne doit être négligée : inoffensive aujourd'hui, elle peut se modifier en quelques heures et produire demain de vrais désastres.

Étendant nos recherches à l'ensemble des perturbations d'été à Madagascar, la saison chaude étant celle des cyclones tropicaux, le type d'évolution qui nous semble le plus fréquent dans ce quartier du globe peut être schématisé de la manière suivante :

1° Dans la situation dite normale en janvier-février-mars, les calmes dits équatoriaux couvrent Madagascar et une partie des mers voisines (océan Indien, canal de Mozambique). Au sud de l'île, cette zone est bordée par les vents alizés (Est ou Sud-Est), appartenant à l'anticyclone tropical; au nord, des brises de Nord ou Nord-Ouest sont le prolongement dans nos eaux de la mousson hivernale des Indes. Voilà l'état initial.

2° Une vague d'air froid, venant du sud ou du sud-ouest, envahit la zone des calmes, avec hausse notable du baromètre. Quand cette vague achève son mouvement vers le Nord, le météorologiste scrute plus attentivement ses cartes : si l'air tropical atteint la zone de la mousson, un front se forme et il y a de fortes chances pour qu'une perturbation naisse.

3° Si la mousson Nord-Ouest est active à ce moment, une ou plusieurs perturbations apparaissent en effet sur le front, c'est-à-dire dans la bordure Nord de la vague de hautes pressions, et l'air équatorial envahit à son tour tout ou partie de la zone des calmes.

4° Le tourbillon suit, sans la quitter, cette bordure équatoriale de la vague anticyclonique.

Il paraît donc résulter du conflit entre les masses d'air équatorial et tropical venues momentanément en contact près de la surface de la mer. Le courant en altitude ne semble pas suffire; la réaction se produirait seulement quand la discontinuité vient toucher le sol. Nos remarques s'accorderaient donc sur ce point avec les théories bien connues de V. Bjerknes.

5° L'envahissement de la zone des calmes par une vague froide ou une vague chaude peut se terminer sans incident par la disparition de l'envahisseur, qui n'a pas rencontré de résistance et s'affaiblit sur place progressivement.

6° Une nouvelle invasion d'air froid peut s'opposer à la marche d'un tourbillon cyclonique, formé en bordure de la vague précédente. Cette opposition est marquée par un ralentissement ou un arrêt passager du

typhon, par une déviation de la trajectoire, parfois par un véritable rebroussement.

Le début de l'année 1934 a permis de nombreuses vérifications de ces remarques. Toutes les vagues anticycloniques observées, à raison d'une par semaine en moyenne entre le 1er janvier et le 15 mars, ont donné lieu à des formations, parmi lesquelles cinq au moins atteignent la violence de typhons proprement dits. Pour plusieurs d'entre elles, la naissance de la perturbation et les anomalies de trajectoire ont pu être prévues et annoncées.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La germination des graines d'Orobanche.* Note de M. **Ch. Chabrolin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Koch ne réussit à faire germer des graines d'Orobanche qu'en présence des racines de plantes-hôtes. Il en conclut que ces racines jouent un rôle indispensable. Cette conclusion n'ayant jamais été infirmée est aujourd'hui universellement admise.

Récemment, en Russie, Schwetzzaugorodini et Bartzinski ont obtenu, en milieu aseptique, la germination des graines de l'Orobanche du Tournesol en présence d'extraits, bouillis ou non, de racines de la plante-hôte. Ces résultats sont en accord avec les conclusions antérieures touchant l'influence nécessaire des racines de l'hôte.

L'étude critique des résultats expérimentaux se rapportant à cette question montre bien, de façon incontestable, que les racines de plantes-hôtes, ou leurs extraits, provoquent la germination des graines d'Orobanche. On ne peut pourtant pas en conclure de façon formelle que ces racines jouent un rôle *indispensable*. Si nombreux soient-ils, des résultats expérimentaux négatifs laissent en effet toujours subsister un doute. Ce doute est d'autant plus légitime que les graines d'Orobanche sont minuscules et qu'en l'absence de racines nourricières, leurs plantules disparaîtraient rapidement. Aussi, en l'absence de ces racines nourricières, on n'a essayé de les faire germer que dans des conditions de milieu peu variées et toujours différentes de celles qui sont réalisées dans le sol. Si l'on remarque en outre que la plupart des graines de Phanérogames parasites bien étudiées (*Cuscuta*, *Viscum*, *Melampyrum*, *Thesium*) germent en l'absence de toute plante-hôte, on pouvait penser que de nouveaux essais n'étaient pas inutiles, sur une question dont l'intérêt est à la fois d'ordre scientifique et agricole.

Ces essais ont été entrepris avec des graines d'*Orobanche crenata*, para-

site redoutable de la Fève (*Vicia Faba*) dans le bassin méditerranéen. Cette espèce se développe aussi sur des *Pisum*, des *Vicia*, des *Lens* et des *Lathyrus*, Elle est signalée d'autre part sur *Pelargonium*, sur *Tropeolum* et quelques composés (Bœuf, 1905; Ducellier, 1923). Il est admis qu'elle n'attaque pas certaines espèces de Légumineuses cultivées telles que le Pois chiche (*Cicer arietinum*) et le Fenugrec (*Trigonella Fænum-Græcum*).

Les graines d'Orobanche sont placées dans des pots de $20^{cm}$ de diamètre, entre deux disques de papier filtre de $15^{cm}$ de diamètre, sous 4 à $5^{cm}$ de sable de mer préalablement lavé à l'eau douce. Chaque centimètre carré de papier filtre renferme plusieurs milliers de graines (de l'ordre de 5000). Les graines des plantes dont l'action des racines sur la germination des Orobanches est à étudier sont placées dans le sable, $1^{cm}$ au-dessus du disque de papier. Les racines se développent à la surface du papier qu'elles traversent de part en part. En enlevant ultérieurement le sable sous un léger courant d'eau, on découvre le papier filtre et le lacis de racines qui le sillonnent. On peut faire ainsi, très simplement, des observations très précises.

Au voisinage des racines de Fève (*Vicia Faba*), plante-hôte habituelle, les graines d'*Orobanche crenata* germent en une dizaine de jours. Ce ne sont donc ni des graines dures, ni des graines fraîches. L'action des racines se fait sentir sur une distance de $2^{mm}$ environ. Le pourcentage de germination est très élevé; il atteint par place 90 pour 100. La radicule est un filament jaune clair ou jaune orangé dont la longueur maximum est de $2^{mm}$. Son extrémité est formée de cellules embryonnaires à gros noyau autour duquel le bleu de crésyl fait apparaître de très nombreuses granulations sphériques de 1 à $2^{\mu}$. Ces radicules sont dirigées en tous sens : il n'y a pas de phénomène de chimiotropisme net.

Au voisinage des racines de Pois chiche (*Cicer arietinum*), plante qui n'est pas parasitée par *Orobanche crenata*, les graines germent dans les mêmes conditions qu'au voisinage des racines de Fève, mais avec quelques jours de retard et en proportion bien moindre (10 à 50 pour 100 environ). Les radicules formées, d'aspect normal au début, ne tardent pas à dépérir et à disparaître. Dans quelques rares cas, des tubercules d'Orobanche de 1 ou $2^{mm}$ de diamètre se sont formés sur racines de Pois chiche, dans les conditions de ces expériences.

Les racines de Fenugrec (*Trigonella Fænum-Græcum*), espèce non parasitée, exercent une action analogue à celle des racines de Pois chiche. Le pourcentage maximum de germination observé est de l'ordre de 10 pour 100. Toutes les plantules disparaissent.

Dans les mêmes conditions expérimentales, on observe quelques germinations de graines *d'Orobanche crenata* au voisinage de racines de Blé (*Triticum vulgare* ou de Maïs (*Zea mays*). Mais on ne peut en tirer aucune déduction certaine. Dans les mêmes conditions expérimentales, mais en l'absence de toute plante supérieure (pots témoins), on trouve en effet des germinations de graines d'Orobanche en proportion infime, bien inférieure à 1 pour 1000 (de l'ordre de 1 pour 10000). Ce résultat expérimental, *soigneusement vérifié,* a une valeur absolue.

On peut coordonner les données précédentes par l'hypothèse suivante qui n'a que le mérite de servir de guide à de nouvelles recherches. La germination des graines d'Orobanche est subordonnée à l'existence, dans le milieu, d'une substance particulière (composé chimique plutôt que diastase). Cette substance se trouve dans les racines de différentes plantes d'où elle peut exsuder en quantité variable suivant les espèces. Elle existe en très petite quantité dans du sable non aseptique, même en l'absence de toute racine de Phanérogames. Cette substance se rencontre même dans des racines de plantes qui ne nourrissent pas l'Orobanche. Il y a en effet des espèces (Pois chiche, Fenugrec) dont les racines font germer les graines d'*Orobanche crenata* et ne se laissent pas infecter.

Au point de vue agricole, on peut déduire de ces essais qu'il est théoriquement possible de débarrasser un sol des graines d'Orobanche qui l'infestent en y cultivant des plantes déterminées, telles que le Pois chiche et le Fenugrec pour l'Orobanche de la Fève. Les agriculteurs indigènes avaient déjà fait empiriquement cette constatation, qui reçoit ainsi une explication scientifique. Mais le côté pratique de ce problème ne doit pas être considéré comme résolu.

PHYSIOLOGIE. — *Alimentation et résistance au froid.*

Note de MM. **J. Giaja** et **S. Gelineo**, présentée par M. L. Lapicque.

Dans l'inanition complète ou partielle l'homéotherme se comporte très différemment selon la température ambiante à laquelle il est exposé. Ainsi dans l'inanition complète, l'animal ne recevant que de l'eau, la mort survient avec une perte relative de poids d'autant moindre que la température ambiante est plus basse, fait déjà remarqué par Terroine, que nous venons de constater chez le rat :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Température ambiante | — 4 à —14° | 14 à 17° | 30 à 32° |
| Perte de poids pour 100 au moment de la mort | 19 | 25 | 37 |

Ce sont les moyennes obtenues avec des rats adultes du même poids à peu près et dans un même état de nutrition.

Dans l'inanition partielle, on obtient également des résultats très différents selon la température ambiante. L'inanition partielle consistait en ce que des rats recevaient soit de l'empois d'amidon, soit du lard, soit du blanc d'œuf cuit et de la viande maigre.

L'alimentation glucidique et l'alimentation protidique assurent une survie prolongée à la température de la neutralité thermique (30-32°), avec une diminution de poids parallèle atteignant à la mort 30-40 pour 100; pour les lipides, la survie est un peu moins longue, avec une perte de poids du même ordre que pour les aliments précédents; mais on obtient des résultats complètement différents lorsque le rat en inanition partielle est exposé au froid intense. Voici les résultats obtenus au froid de — 4° à — 14°, température que les rats normalement nourris supportent sans inconvénients :

| | Durée de la vie. | Perte de poids pour 100 au moment de la mort. |
|---|---|---|
| Inanition | 2 jours | 12 |
| Protides | 2,5 » | 16 |
| Lipides | 6 » | 18 |
| Glucides | 8,5 » | 23 |

Comme on le voit, l'effet des protides dans la résistance au froid est insignifiant, tandis que l'effet des glucides est très prononcé. Il n'y a pas de doute que les glucides peuvent fournir la chaleur réglable (thermorégulation chimique) lorsque celle-ci est presque complètement déployée, atteignant presque le métabolisme de sommet. D'autre part, il est douteux que les protides puissent, chez le rat, prendre part à la calorification dépassant le métabolisme de base.

Dans l'inanition totale, l'animal meurt au froid avec une perte de poids moitié moindre qu'à la neutralité thermique; d'autre part, aux basses températures, la mort dans le régime protidique survient si vite et avec une perte de poids si faible que l'on peut dire que dans ces cas l'animal ne meurt pas de faim proprement dite, mais de froid, le manque de combustible approprié survenant avant l'apparition des causes profondes provoquant la mort à la température de la neutralité thermique.

Sans en rechercher pour le moment les causes (digestibilité, degré d'appétence, etc.), un fait se dégage nettement de nos expériences : c'est la supériorité des glucides sur les autres aliments dans la résistance au froid intense.

ÉLECTROPHYSIOLOGIE. — *Interprétation sur une base commune des électrogrammes myocardiques.* Note (¹) de Mlle **A. Arvanitaki** et M. **H. Cardot**, présentée par M. L. Lapicque.

En étudiant les potentiels d'action des divers tissus myocardiques (²), nous n'utilisâmes pour nous placer à une échelle élémentaire, autant que possible, que de très fins lambeaux ligaturés à leurs deux extrémités (fils de ligature servant d'électrodes de dérivation). Les électrogrammes obtenus (amplificateur de courant continu, oscillographe de Dubois) dans des conditions physiologiques normales (conservation dans le milieu intérieur ou en solution saline équilibrée) montrent des différences considérables. Elles vont d'un électrogramme d'allure simple, monophasique ou diphasique, chez l'Escargot par exemple, à l'électrogramme complexe qui caractérise le myocarde des Vertébrés et comporte une onde rapide R et une lente T. Le fait important est donné par des expériences où varient systématiquement, dans la solution physiologique qui baigne le myocarde, les proportions relatives des ions Na, K, Ca et Mg. Alors se révèle, derrière l'apparente diversité, une remarquable unité. En effet, l'électrogramme simple d'Invertébrés tels que l'Escargot peut être transformé en électrogramme complexe à onde brève et à onde lente, comparable à celui des Vertébrés. Réciproquement ce dernier peut être transformé en une variation électrique simple. L'étroite relation ainsi manifestée entre le potentiel d'action du tissu et la composition ionique du milieu donne une première indication intéressante. La forme caractéristique de l'électrogramme myocardique des divers êtres semble pour une large part conditionnée par la composition chimique normale du tissu.

Dans ces modifications de l'électrogramme sous l'influence des ions alcalins et alcalinoterreux (et aussi d'autres facteurs), un second point retient l'attention. S'il est possible de réaliser sur un même myocarde une évolution continue du potentiel d'action, des formes simples aux complexes, à ondes brève et lente, ces diverses formes doivent être justifiables d'une com-

---

(¹) Séance du 18 juin 1934.

(²) Voir *Bull. Soc. franç. de Physique*, n° 326, 1932, p. 122 S; *C. R. Soc. de Biologie*, **109**, 1932, p. 748; **111**, 1932, p. 984, 986; **112**, 1933, p. 1615; **115**, 1934, p. 47; *Ann. de Physiol.*, **9**, 1933, p. 639 et 787; *Arch. internat. Physiol.*, **36**, 1933, p. 28; *VIIIe Réunion Assoc. des physiologistes*, Nancy, 1934.

mune explication. L'étude analytique de nos électrogrammes nous conduit à supposer que jouent à chaque révolution, dans tout élément du myocarde fonctionnant de façon automatique, deux processus aboutissant à des variations électriques inverses : négative et positive. Celles-ci peuvent être synchrones et isochrones, conduisant alors à des électrogrammes résultants d'allure simple. Elles peuvent aussi être hétérochrones et déphasées l'une par rapport à l'autre, d'où un électrogramme à onde brève et à onde lente. Outre l'argument tiré de l'étude analytique et de la possible reconstruction graphique fidèle des divers électrogrammes sur la base de cette hypothèse, celle-ci se trouve fortifiée par d'autres faits : augmentation de l'amplitude du potentiel d'action quand l'électrogramme passe d'une forme simple à une forme polyphasique; au contraire quand la forme se simplifie, diminution allant parfois jusqu'à une quasi-annulation correspondant à un isochronisme et à un synchronisme presque parfaits des deux processus inverses. Ensuite, possibilité par certains artifices de dissocier complètement un électrogramme à ondes R et T en deux ondes séparées, brève et lente, et alors manifestement de sens inverse : expérience réalisée sur le myocarde de la Torpille, soumis simultanément à l'action du froid et d'une solution NaCl isotonique à l'eau de mer. Nos résultats sur la Torpille tendent en outre à indiquer qu'à tout moment l'amplitude du phénomène mécanique n'est en relation directe ni avec l'un, ni avec l'autre des deux processus inverses invoqués; mais est plutôt conditionnée par les rapports chronologiques qui existent entre eux au moment considéré (rapport des périodes des deux ondes, déphasage de l'une par rapport à l'autre). De même dans les fonctionnements automatiques irréguliers du myocarde de l'Escargot, l'amplitude variable des systoles successives paraît être fonction des relations chronologiques des deux ondes composantes.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'excitabilité rétinienne et l'immobilisation réflexe chez les Oiseaux.* Note de M. **Et. Rabaud** et M[lle] **M.-L. Verrier.**

Au cours de recherches sur l'immobilisation réflexe, l'un de nous (¹) a constaté que l'excitation visuelle pouvait intervenir dans la possibilité ou la durée de l'immobilisation. Il importait de savoir s'il s'agissait de l'étendue des surfaces sensibles ou de la sensibilité propre des éléments.

---

(¹) Et. Rabaud, *Bull. biol. de la France et de la Belgique*, 53, 1919, p. 1-149.

Chez les Arthropodes, la première de ces deux conditions paraît prépondérante. La question se posait autrement dans le cas des Oiseaux où les dimensions des yeux, rapportées aux dimensions du corps, sont sensiblement égales d'un oiseau à l'autre. L'opposition du Pigeon (Bizet) et de la Tourterelle (*Turtur turtur* L.) est particulièrement démonstrative.

Quand on opère (¹) en pleine lumière solaire ou sous un éclairement comparable suffisamment intense (1000 lux environ), il est impossible d'immobiliser le Pigeon, alors qu'on immobilise la Tourterelle immédiatement. Pour immobiliser le Pigeon, il faut réduire l'éclairement, par un moyen quelconque, jusqu'à 50 lux environ.

Ce résultat conduisait à examiner, au même point de vue, l'action de lumières de longueur d'ondes déterminée. Les essais ont été faits à l'aide d'une lampe à arc, dont le spectre est comparable à celui de la lumière solaire, et d'écrans colorés ne laissant passer que des rayons de $\lambda$ connus (bleu, de $\lambda 400$ à $\lambda 510$ ne laissant pas passer le rouge; vert, de $\lambda 490$ à $\lambda 575$; jaune de $\lambda 495$ à $\lambda 726$; rouge de $\lambda 608$ à $\lambda 726$). Dans tous ces cas, l'intensité de l'éclairement reçu par les animaux était de 350 lux. Le Pigeon s'immobilise facilement et longtemps en lumière bleue et verte. Il s'immobilise encore, mais avec peine (il est nécessaire de le maintenir quelques secondes dans le décubitus dorsal) et il reprend très rapidement son activité, sous l'action de la lumière jaune et, plus encore, de la lumière rouge. La Tourterelle, immobilisable en lumière blanche, s'immobilise mieux encore derrière un écran coloré; à cet égard, le jaune et le rouge paraissent moins actifs que sur le Pigeon.

Ainsi l'excitation lumineuse agit de manière différente suivant l'animal; de plus, le même animal réagit de diverses façons suivant la longueur d'ondes des radiations reçues, pour une même intensité. Chez le Pigeon, la lumière blanche et les radiations de grande longueur d'ondes (le rouge et le jaune) jouent le rôle d'excitant. Chez la Tourterelle, cette excitation, si elle existe, ne produit pas d'effet appréciable.

Si l'on compare maintenant la structure des yeux de ces deux espèces, on constate que la seule différence, qui mérite d'être soulignée ici, réside dans une surabondance de boules rouges chez le Pigeon. Ces boules, logées entre les segments externes et internes des cônes, sont particulièrement

(¹) Dans tous les cas, nous avons pratiqué ou cherché à réaliser l'immobilisation par le procédé employé couramment : décubitus dorsal, légère pression au niveau du sternum.

abondantes dans le segment supérieur et postérieur de l'œil du Pigeon, à tel point que cette portion de rétine a reçu le nom de « champ rouge ».

Notons que l'acuité visuelle n'intervient pas : la fovea du Pigeon égale celle de la Tourterelle et le rapport

$$\frac{\text{éléments récepteurs}}{\text{éléments conducteurs}}$$

est sensiblement égal chez le Pigeon et la Touterelle. Notons aussi que les qualités de l'appareil dioptrique n'interviennent pas : le segment antérieur de l'œil (cornée et cristallin), la profondeur du globe oculaire sont comparables chez le Pigeon et la Tourterelle.

Nous reviendrons ultérieurement sur ces particularités, de même que sur diverses autres observations relatives à des Passereaux et des Gallinacés dont le comportement et la structure des yeux sont intermédiaires entre ceux du Pigeon et de la Tourterelle (1). Mais, déjà, nous constatons que l'effet excitant de la lumière blanche et de certaines radiations expliquerait le comportement normal de ces Oiseaux. On sait que leur activité se ralentit considérablement dès l'approche du crépuscule, et l'on a attribué ce ralentissement au fait que ces Oiseaux, étant donné la constitution de leur rétine, seraient aveugles en lumière diffuse. Cette interprétation ne tient pas compte de tous les faits. L'obscurité inhibe l'individu tout entier, sans que les possibilités de vision soient forcément modifiées. Il ne s'ensuit pas que les cônes soient uniquement les organes de la vision diurne et des radiations de grande longueur d'ondes, comme l'admet une théorie devenue classique, basée sur le comportement et le mode d'activité diurne ou nocturne.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Lacto-gélification des protides sériques.* Note de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

Quels sont les constituants colloïdaux du sérum responsables de la gélification de ce liquide organique (2)? Pour l'étude de cette question, nous avons isolé les diverses fractions des protides sériques. Deux méthodes ont été choisies : celle de l'acétone et celle de dialyse.

(1) Il convient de mettre à part le cas des Rapaces nocturnes dont la rétine réagit à la lumière blanche de façon toute spéciale et que nous étudierons ultérieurement.

(2) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1271 et 1947.

1. *Gélification des protides sériques séparés par l'acétone.* — Cette technique permet d'isoler diverses fractions protidiques selon leur degré de dispersion, s'échelonnant entre les albumines, très dispersées, et les globulines, faiblement dispersées, en passant par les corps intermédiaires.

Ces substances [1], provenant du sérum de bœuf, ont été dispersées, soit dans une solution de NaCl en concentration finale de 8 pour 1000 (albumines), soit dans celle de NaOH en concentration finale de M/60 (globulines et myxoprotides). Voici les caractères physicochimiques de ces dispersions (Tableau I).

TABLEAU I. — *Caractères des protides sériques du bœuf, à 25°C.*

| Protides. | Concentrations. | Densité: | Tens. superficielle. | Viscosité. | Conduct. électr. | pH+. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Albumine..... | 6,4 % [2] | 1,022 | 67,8 dynes/cm | 1,27 | $100.10^{-5}$ | 6,3 |
| Myxoprotide I.. | 3,0 % [2] | 1,012 | 64,6 » | 1,25 | 131 » | 8,5 |
| Globuline..... | 5,0 % [2] | 1,016 | 60,6 » | 2,18 | 110 » | 8,7 |

La gélification de ces dispersions par l'acide lactique est relatée dans le tableau ci-dessous (Tableau II).

TABLEAU II. — *Gélification des protides sériques par l'acide lactique, à 15° C.*

| | Acide. | Gélification. |
|---|---|---|
| Albumine ..................... | 10 % | 4800 min. |
| » ..................... | 15 | 1740 |
| » ..................... | 20 | 800 |
| Myxoprotide I.............. | 10 | 1800 |
| » ............... | 15 | 720 |
| » ............... | 20 | 300 |
| Globuline.................... | 10 | 25 |
| » ..................... | 15 | 8 |
| » ..................... | 20 | 2 |

On voit, par conséquent, que la rapidité de gélification des globulines dépasse, et de beaucoup, celle des autres fractions protidiques du sérum, à l'état physiologique, s'entend.

2. *Gélification des protides sériques séparés par la dialyse.* — La technique de dialyse nous a permis de constater que : 1° le taux des globulines qui se séparent ainsi est faible; 2° leur degré de déminéralisation est plus

(1) Toutes ces substances ont été isolées pour nous par M. Piettre.

(2) Ces concentrations sont, approximativement, doubles de celles contenues dans le sérum.

fort que celui obtenu par la méthode à l'acétone, et que 3° leur gélification est plus lente que celle des globulines isolées par l'action de l'acétone, toutes conditions expérimentales étant égales par ailleurs.

En ce qui concerne le second point, voici les caractères physicochimiques des portions séparées (Tableau III).

TABLEAU III. — *Caractères physicochimiques des fractions sériques isolées par la dialyse* (*à* 25°C.).

| Fractions. | Concentrations. | Densité. | Tens. superf. | Viscosité. | Conduc. él. | $pH^+$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Globulines*, en dispersion dans NaOH à M/300 . | double de celle contenue dans le sérum | 1,010 | 71,0 dynes/cm | 1,10 | $6,0.10^{-4}$ | 6,7 |
| *Sérum* sans globulines........... | id. | 1,018 | 69,8 » | 1,38 | 6,8 » | 7,0 |

L'étude de la gélification de ces deux fractions sériques a permis de constater que ni le sérum débarrassé des globulines par la dialyse, ni les globulines elles-mêmes, quoique deux fois plus concentrées, ne se gélifient par l'acide lactique; mais, il suffit de les additionner d'une trace de $CaCl^2$ pour que cette gélification par l'acide lactique apparaisse en 180 minutes, pour les globulines, et en 440 minutes, pour le sérum.

L'ensemble de ces observations nous a suggéré l'idée d'étudier le rôle des électrolytes dans la lactogélification des protides.

3. *Rôle des électrolytes dans la lactogélification des globulines sériques.* — Nous avons observé que le rôle des sels de Ca n'est pas spécifique : l'addition de NaCl conduit au même but. Il n'y a donc aucune analogie entre l'action des sels de Ca sur la lactogélification des globulines et la coagulation, par exemple, de la pectine par la soude caustique [1]; de plus, le temps nécessaire à la gélification des globulines déminéralisées et ayant subies un contact prolongé avec de l'acide lactique est absolument identique à celui nécessaire à la gélification des globulines minéralisées : l'action de l'acide ne s'exerce pas en dehors de la présence des électrolytes.

Parmi les autres électrolytes, nous avons constaté l'action particulière de l'acide chlorhydrique : si l'on neutralise une dispersion sodique des globulines par cet acide, la gélification par l'acide lactique ne se fait plus; chose curieuse, HCl donne lieu à une coagulation gélatineuse, sans aucune prise en masse, avec les globulines isolées; cette coagulation dispa-

(1) W. KOPACZEWSKI, *Bull. Chim. biol.*, 7, 1925, p. 419.

raît lorsqu'on ajoute au mélange de la soude caustique en excès, réapparaît de nouveau, après la nouvelle addition de l'acide chlorhydrique, et ainsi de suite. La gélification par l'acide lactique et la coagulation par l'acide chlorhydrique des globulines sont donc deux phénomènes distincts.

4. *Rôle des facteurs physiques dans la lactogélification des globulines.* — Nous avons repris sur des globulines l'étude d'action des divers facteurs physiques précédemment étudiés sur du sérum : paraffinage des tubes, vieillissement, rayons ultraviolets, température, tension superficielle, viscosité, dialyse, agitation, etc. (¹). Nous avons constaté qu'un parallélisme complet existe entre les deux phénomènes.

En conclusion, *les globulines sériques représentent, en grande partie et à l'état physiologique, la fraction des protides responsables de la gélification du sérum par l'acide lactique.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les teneurs de l'encéphale en calcium et en magnésium chez les Cobayes normaux ou atteints de scorbut aigu et de scorbut chronique.* Note de Mlle **A. Michaux**, présentée par M. E. Leclainche.

Les résultats que nous avons obtenus récemment ayant montré que les teneurs en calcium du sang total et des muscles (²) s'élèvent notablement au cours du scorbut aigu et chronique, nous nous sommes demandé si, dans les mêmes conditions, les teneurs de l'encéphale en cet élément sont aussi modifiées. Des recherches ont donc été faites chez des Cobayes présentant des symptômes de scorbut aigu ou de scorbut chronique, ainsi que chez des témoins recevant soit des régimes complets, naturel et artificiel [le régime scorbutigène de Mme L. Randoin (³) complété par $3^{cm^3}$ de jus de citron décitraté], soit uniquement de l'eau distillée. Les teneurs totales des encéphales des Cobayes scorbutiques ont été comparées à celles qui ont été déterminées chez les normaux dont les poids corporels étaient voisins des poids maximum atteints par les malades au cours de l'avitaminose, *l'organe étudié s'enrichissant en calcium au fur et à mesure que l'animal croît normalement.*

(¹) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1947.
(²) Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 865 et 1453.
(³) Mme L. Randoin, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 14, 1923, p. 806.

| | Poids maximum des Cobayes. | Teneurs en calcium de l'encéphale entier. | Teneurs en calcium pour 1000g de tissu sec. | |
|---|---|---|---|---|
| | g | g | g | |
| Régime complet naturel........... | 709 | 0,0024 | 2,739 | |
| Régime complet artificiel.......... | 757 | 0,0024 | 2,975 | Scorbut léger |
| | 659 | 0,0021 | 3,215 | |
| Inanition (eau distillée)........... | 749 | 0,0006 | 0,715 | |
| Symptômes de scorbut aigu........ | 646 | 0,0013 | 1,651 | |
| Symptômes de scorbut chronique... | 653 | **0,0030** | **4,922** | |
| Régime complet naturel........... | 610 | 0,0019 | 2,828 | |
| Régime complet artificiel.......... | 624 | 0,0012 | 1,629 | |
| Symptômes de scorbut aigu........ | 610 | 0,0014 | 2,197 | |
| Symptômes de scorbut chronique... | 603 | **0,0046** | **6,017** | |
| | 570 | 0,0019 | 2,889 | |
| Régime complet naturel........... | 523 | 0,0016 | 2,385 | |
| Régime complet artificiel.......... | 588 | 0,0015 | 2,388 | |
| Symptômes de scorbut aigu........ | 524 | **0,0022** | **3,729** | |
| | 482 | 0,0014 | 2,007 | |
| Symptômes de scorbut chronique... | 561 | **0,0021** | **2,648** | |
| | 555 | **0,0025** | **3,185** | |
| | 491 | **0,0023** | **3,421** | |
| Régime complet naturel........... | 440 | 0,0010 | 1,782 | |
| | 415 | 0,0007 | 1,087 | |
| Symptômes de scorbut chronique... | 344 | **0,0010** | **1,414** | |

| | Poids maximum des Cobayes. | Teneur en magnésium de l'encéphale entier. | Teneur en magnésium pour 1000g de tissu sec. |
|---|---|---|---|
| | g | g | g |
| Régime complet naturel........... | 440 | 0,0007 | 1,342 |
| | 523 | 0,0006 | 0,955 |
| Régime complet artificiel.......... | 659 | 0,0008 | 1,179 |
| | 782 | 0,0008 | 1,179 |
| Symptômes de scorbut aigu........ | 524 | 0,0007 | 1,096 |
| Symptômes de scorbut chronique... | 603 | 0,0009 | 1,127 |
| | 485 | 0,0007 | 1,027 |
| | 653 | 0,0006 | 0,959 |

*Résultats.* — 1° Chez les Cobayes recevant le régime naturel et pesant 415, 440, 523, 610 et 709g, les teneurs en calcium de l'encéphale entier sont respectivement égales à 0mg,7, 1mg, 1mg,6, 1mg,9 et 2mg,4. Des teneurs similaires ont été obtenues chez les Cobayes soumis au régime artificiel

complet. *L'encéphale total ne renferme que* $0^{mg},6$ *de calcium chez un Cobaye mort d'inanition dont le poids initial était égal à* $749^{g}$.

2° Sauf dans un cas où, chez un animal ayant un gros appétit, la teneur totale de l'encéphale est égale à $2^{mg},2$ au lieu de $1^{mg},6$, teneur trouvée chez un normal de même poids, l'encéphale s'appauvrit beaucoup en calcium au cours du scorbut aigu. Par contre, *le calcium s'accumule dans cet organe lorsque les Cobayes présentent des symptômes graves de scorbut chronique*, les plus fortes teneurs $3^{mg}$, $4^{mg},6$, $2^{mg},5$ et $1^{mg}$ ayant été observées chez des sujets dont les poids maximum atteints étaient égaux à 653, 603, 555 et $344^{g}$. Ces teneurs sont nettement plus élevées que celles des encéphales prélevés chez des normaux de poids analogues. *Les augmentations observées sont au moins égales au tiers des valeurs normales correspondantes. Dans un cas, la teneur obtenue chez un carencé est supérieure au double de la teneur normale témoin.*

L'état de torpeur que présentent les cobayes dans les périodes avancées de la maladie ne serait-il pas provoqué, au moins en partie, par cette accumulation du calcium qui est un agent modérateur de l'excitabilité du système nerveux central?

Les teneurs en magnésium de l'encéphale ont été déterminées par la méthode très précise de M. Javillier et D. Djelatidès (¹). Les résultats obtenus montrent que cet élément ne varie pas sensiblement dans l'encéphale au cours du scorbut aigu et chronique.

MICROBIOLOGIE. — *Valeurs numériques de quelques sinusoïdes primaires à deux boucles inégales du corps des spirochétidés.* Note (²) de M. G. **Delamare**, transmise par M. Hyacinthe Vincent.

L'étude du rapport ordonnée médiane/abscisse de 31 éléments dont les ordonnées principales mesuraient de $0^{cm},5$ à $2^{cm}$, les abscisses de 1 à $14^{cm}$, nous a fourni les résultats consignés ci-après :

---

(¹) M. Javillier et D. Djelatidès, *Ann. Falsif. et Fraudes*, 24, 1931, p. 133.

(²) Séance du 18 juin 1934.

| I. | | | | II. | | | | | | III. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| − | + | − | + | − | + | − | + | − | + | − | + | − | + | − | + |
| $\frac{2}{1}$ | $\frac{2}{2}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| $\frac{2}{2}$ | $\frac{2}{4}$ | | | | | $\frac{2}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{2}$ | $\frac{0{,}5}{2}$ | $\frac{2}{2}$ | $\frac{1}{4}$ | | | | |
| | | | | | | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | | | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | | | | |
| $\frac{2}{4}$ | $\frac{2}{8}$ | $\frac{2}{4}$ | $\frac{2}{10}$ | | | $\frac{2}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{2}{4}$ | $\frac{0{,}5}{4}$ | $\frac{2}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{4}$ | $\frac{1}{3}$ | | |
| | | | | | | $\frac{2}{5}$ | $\frac{1}{5}$ | | | $\frac{2}{5}$ | $\frac{1}{3}$ | | | $\frac{2}{5}$ | $\frac{0{,}5}{6}$ |
| $\frac{2}{6}$ | $\frac{2}{8}$ | | | $\frac{2}{6}$ | $\frac{1{,}5}{6}$ | $\frac{2}{6}$ | $\frac{1}{6}$ | | | $\frac{2}{6}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{2}{6}$ | $\frac{1}{8}$ | | |
| | | | | $\frac{2}{7}$ | $\frac{1{,}5}{7}$ | $\frac{2}{7}$ | $\frac{1}{7}$ | | | $\frac{2}{7}$ | $\frac{1}{4}$ | | | $\frac{2}{7}$ | $\frac{0{,}5}{5}$ |
| $\frac{2}{8}$ | $\frac{2}{12}$ | | | $\frac{2}{8}$ | $\frac{1{,}5}{8}$ | $\frac{2}{8}$ | $\frac{1}{8}$ | | | $\frac{2}{8}$ | $\frac{1}{4}$ | | | | |
| | | | | $\frac{2}{9}$ | $\frac{1{,}5}{9}$ | | | | | | | | | | |
| $\frac{2}{10}$ | $\frac{2}{14}$ | | | | | | | | | | | | | | |

Parmi les fractions correspondant à chacun des couples examinés, les unes ont des numérateurs communs et des dénominateurs différents, les autres des numérateurs différents et des dénominateurs communs, les troisièmes des numérateurs et des dénominateurs différents [1].

Dans la première éventualité, les ordonnées sont constantes et l'on arrive à enregistrer, entre abscisses d'un même couple, des différences du simple au double ($\frac{2}{1}\,\frac{2}{2}$, $\frac{2}{2}\,\frac{2}{4}$, $\frac{2}{4}\,\frac{2}{8}$) ou davantage ($\frac{2}{4}\,\frac{2}{10}$). Les boucles positives se raccourcissent moins ou s'allongent plus que les négatives, mais sans changer d'échelle.

Dans la seconde, les abscisses d'un couple donné sont constantes et l'on relève, entre les ordonnées correspondantes, des écarts de $0^{cm},5$ à $1^{cm}$, et, assez exceptionnellement, $1^{cm},5$. D'une boucle à l'autre, le type (raccourci,

---

(1) Ces trois sortes de fractions se retrouvent sur les éléments pourvus d'une ordonnée maxima de $1^{cm}$, ainsi qu'en témoignent les valeurs $\frac{1}{7}\,\frac{1}{8}$, $\frac{1}{7}\,\frac{0{,}5}{7}$, $\frac{1}{8}\,\frac{0{,}5}{6}$. Chez ceux, bien plus rares, dont l'ordonnée maxima est de $3^{cm}$, la première variété disparaît, la deuxième est représentée par les valeurs $\frac{3}{8}\,\frac{2{,}5}{8}$, $\frac{3}{4}\,\frac{2}{4}$, $\frac{3}{6}\,\frac{2}{6}$, $\frac{3}{8}\,\frac{2}{8}$, $\frac{3}{10}\,\frac{2}{10}$, $\frac{3}{12}\,\frac{2}{12}$, $\frac{3}{14}\,\frac{2}{14}$; la troisième par les valeurs $\frac{3}{4}\,\frac{1}{2}$, $\frac{3}{6}\,\frac{2}{4}$. Au delà, on ne rencontre plus que quelques fractions de la deuxième variété ($\frac{4}{8}\,\frac{1}{8}$, $\frac{4}{10}\,\frac{3}{10}$, $\frac{4{,}5}{15}\,\frac{3}{15}$, $\frac{5}{11}\,\frac{3}{11}$, $\frac{6}{12}\,\frac{4}{12}$, $\frac{7}{15}\,\frac{5}{15}$) et une seule fraction de la troisième ($\frac{5}{12}\,\frac{2}{6}$).

allongé ou intermédiaire) varie ou change et l'échelle se modifie toujours.

Dans la troisième, on décèle, sur le même couple, des différences de 1 ou 2, voire de 3 ou $4^{cm}$ entre les abscisses, de 1 ou $1^{cm},5$ entre les ordonnées. D'ordinaire, le type et l'échelle se modifient simultanément; de temps à autre, celle-ci change, tandis que celui-là reste invariable ($\frac{2}{4}\,\frac{1}{2}$, $\frac{2}{8}\,\frac{1}{4}$). Semblable dissociation se manifeste dans la suite $\frac{2}{6}\,\frac{2}{8}$, $\frac{2}{6}\,\frac{1,5}{6}$, $\frac{2}{6}\,\frac{1}{4}$, où la boucle positive conserve son type initial en dépit de ses multiples changements.

Les variations de longueur et d'échelle responsables de l'inégalité des boucles — et + apparaissent, on le voit, tantôt indépendantes, tantôt et plus souvent associées, parfois brusques et, de préférence, progressives. Les fractions correspondant aux diverses phases du raccourcissement, de l'allongement et de l'état intermédiaire s'inscrivent entre $\frac{1}{0,5}$ et $\frac{1}{8}$ ou les valeurs correspondantes. Elles constituent des séries à la fois moins étendues et plus riches en termes de transition que celles formées avec les trop rares fractions des sinusoïdes à boucles égales.

Suivant que les différences entre leurs coordonnées négatives et positives sont légères ou importantes, les sinusoïdes à 2 boucles inégales ont un aspect voisin ou très différent de celui des sinusoïdes à 2 boucles égales. Cet aspect se modifie plus ou moins et pour des motifs analogues après la rotation de 180° dans un plan qui, on le sait, intervertit les signes sans modifier la position respective des ondes — et +. Il s'altère davantage après la rotation dans 2 plans qui, nul ne l'ignore, détermine l'interversion des signes et de la position réciproque des segments — et +. Cette double interversion se retrouve sur l'image renversée obtenue sur un miroir perpendiculaire ou presque au plan de la courbe. L'examen en position verticale montre que si la forme en S *irrégulièrement allongé* est d'habitude aisément reconnaissable, la forme en S *irrégulièrement aplati* devient volontiers méconnaissable. Il permet, en outre, de noter l'apparition d'une forme nouvelle en *crochet à manche court ou long*. Exceptionnelle chez les éléments d'abscisses variables ($\frac{2}{4}\,\frac{2}{10}$), cette forme est moins inouïe chez les éléments d'ordonnées variables ($\frac{2}{2}\,\frac{1}{2}$, $\frac{2}{2}\,\frac{0,5}{2}$, $\frac{2}{4}\,\frac{0,5}{4}$) et pour ainsi dire constante chez les éléments d'abscisses et d'ordonnées variables.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur un phénomène de sursaturation de l'eau chaude.* Note de M. **Henri B. Reitlinger**, transmise par M. J.-L. Breton.

Quand on a fait chauffer de l'eau sous une certaine pression, sans que sa température finale atteigne tout à fait celle à laquelle la vaporisation se produirait sous ladite pression, et quand ensuite on fait détendre cette eau chaude comprimée, on constate que la vaporisation ne commence pas à l'instant même où la pression est devenue celle qui correspond à la saturation pour la température régnante, mais bien que le phénomène attendu se produit avec un certain retard de temps, pendant lequel la pression de l'eau a pu descendre très au-dessous de celle à laquelle l'explosion aurait dû se produire. Dans ce très court intervalle de temps, qui correspond au phénomène de retard mentionné, l'eau demeurée à l'état liquide, bien que sa pression soit inférieure à celle de la saturation correspondant à sa température, se trouve donc en état de sursaturation. Il y a là un phénomène jusqu'à présent inconnu, tout à fait analogue à celui de la survaporisation que l'on rencontre dans les expériences de condensation de la vapeur et qui est aujourd'hui classique.

Le phénomène nouveau de sursaturation de l'eau chaude, que je signale ici, n'apparaît de façon sensible, comme d'ailleurs le phénomène de la survaporisation, qu'au cours d'opérations de détente rapide, telles que celles que l'on peut réaliser dans des tuyères. La tuyère que j'emploie pour la détente de l'eau chaude est constituée par une entrée convergente, dont le profil est tel qu'un fluide incompressible y prenne un mouvement uniformément accéléré, suivie d'une partie divergente, dont le profil est établi de telle sorte que de l'eau chaude sur le point d'exploser s'y détende avec vaporisation partielle et mise en vitesse thermodynamique, mais toujours suivant la même loi d'accélération constante. Au col de la tuyère il existe dès lors une discontinuité du profil, le tracé du divergent étant presque normal en ce point à celui du convergent. Cela tient au fait qu'à l'instant où la vaporisation de l'eau commence à se produire, elle entraîne aussitôt un accroissement relatif considérable du volume du fluide, qui n'est accompagné d'abord que d'un accroissement de vitesse assez modéré. L'écoulement ne peut donc se poursuivre, sans choc d'accélération, que pour autant qu'un épanouissement brusque du profil permette au fluide de se dégager au moment de sa brusque dilatation. Dans un canal de

profil continu la vaporisation ne pourrait pas commencer, à moins que l'accélération ne croisse subitement au delà de toute limite, ce qui est exclus.

En établissant le tracé de ma première tuyère expérimentale à eau chaude, j'imaginais que la vaporisation devait commencer à l'instant même du passage par l'état de saturation et que cet état régnerait par conséquent au col de la tuyère. C'est dans ces conditions, pour un état d'amont et un débit donnés, que j'avais déterminé ses dimensions. Or, à l'expérience, il est apparu que, pour les conditions d'amont prescrites, le débit de la tuyère excédait notablement celui qui était prévu. Comme les considérations qui précèdent montrent qu'aucune vaporisation ne peut avoir lieu dans le convergent, il fallait en inférer que l'eau arrive liquide au col avec une vitesse plus grande et, partant, avec une pression statique moindre que les prévisions, c'est-à-dire avec une pression inférieure à celle de la saturation. En faisant varier l'état d'amont on change le débit de l'écoulement, mais la sursaturation se manifeste toujours.

En procédant avec cette tuyère à un nombre étendu d'expériences, dans lesquelles je faisais varier ainsi l'état d'amont de l'eau, le milieu d'aval étant l'atmosphère; en relevant, lors de chacune d'elles, le débit de la tuyère en même temps que la pression et la température d'amont; connaissant exactement les sections successives du convergent et sachant qu'en tout état de cause le mouvement de l'eau y demeure uniformément accéléré, je possédais tous les éléments requis pour calculer, pour chaque expérience, les caractéristiques d'intensité et de durée du phénomène de sursaturation et pour les rapprocher de toutes les causes éventuellement agissantes. Le dépouillement de ces résultats expérimentaux m'a permis ainsi de reconnaître la loi physique qui régit la sursaturation et qui peut s'énoncer dans les termes suivants [1] :

« Désignant par I l'intensité de la sursaturation au moment où l'explosion se produit, entendant par là la quantité, exprimée en kilogrammes par centimètre carré, dont la pression d'explosion est inférieure à la pression de saturation qui correspond à la température de l'eau; désignant par M la marge d'amont, entendant par là la quantité, exprimée en degrés centésimaux, dont la température de l'eau chaude admise à se détendre est inférieure à celle qui correspond à la saturation pour la pression de cette eau d'amont; désignant enfin par $\mathfrak{T}$ la durée de la sursaturation, entendant par là le temps, exprimé en secondes sexagésimales, qui s'écoule entre l'instant où l'eau passe par l'état de saturation et celui où elle explose, j'ai trouvé qu'entre les trois quantités

[1] Extrait du pli cacheté n° 10541, déposé le 25 janvier 1932 et ouvert dans la séance du 18 juin 1934 (p. 2048).

ainsi définies il existe une loi qu'exprime la relation suivante :

$$I = \frac{1,333 \times 10^{-9}}{\mathfrak{T}^3 \times 2,9643^{\sqrt{M}} \times 1,1077^{M}}.$$

» Cette loi se trouve vérifiée avec une très grande rigueur par un nombre considérable d'expériences que j'ai effectuées dans le domaine des marges d'amont comprises entre 0° et 15° centésimaux, des durées comprises entre 1/10000e et 1/1000e de seconde et des intensités de sursaturation atteignant jusqu'à 6 kilogrammes par centimètre carré. L'eau d'amont était fournie pour les expériences à des températures variant entre 180° et 205° centésimaux et sous des pressions variant entre 10 et 20 kilogrammes manométriques par centimètre carré. »

La connaissance de cette loi me permet maintenant, dans le domaine couvert par ces premières recherches, de déterminer correctement le profil à donner à une tuyère à eau chaude pour réaliser un débit prescrit pour un état d'amont déterminé. L'expérience montre qu'une tuyère ainsi calculée répond d'une manière très satisfaisante aux conditions imposées. De nouvelles déterminations quantitatives que je viens d'entreprendre, avec une tuyère expérimentale d'exécution particulièrement précise et soignée, vont me permettre de donner des valeurs plus rigoureuses des constantes numériques de la loi de sursaturation qui précède, en même temps que des précisions sur les phénomènes de résorption dans le temps de ladite sursaturation.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### Publications périodiques reçues pendant l'année 1933.

## EUROPE.

### France.

AIX. — Académie des sciences, agriculture, arts et belles-lettres : *Rapport sur le fonctionnement du musée Arbaud; Séance publique*, S 256 (1).
AUXERRE. — Société des sciences historiqueset naturelles de l'Yonne : *Bulletin*, B 1558.
AVIGNON. — *Cahiers de pratique médico-chirurgicale*, C 3[2].
BESANÇON. — *Annales françaises de chronométrie*.
BORDEAUX. — Académie nationale des sciences, belles-lettres et arts : *Actes*, A 101.
— Observatoire : *Annales*, A 883.
— Société des sciences physiques et naturelles : *Mémoires*, M 528; *Procès-verbaux des séances*, P 642.
— Société linnéenne : *Actes*, B 881.
CAEN. — Société normande d'études préhistoriques : *Bulletin*, B 1694[2].
DUNKERQUE. — Société dunkerquoise pour l'encouragement des sciences, des lettres et des arts : *Congrès des sciences historiques de* 1907.
LE MANS. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin*, B 1735.
LILLE. — Facultés catholiques : *Mémoires et travaux publiés par des professeurs*, M 588[1].
— *Information médicale (L')*.
LYON. — Académie des sciences, belles-lettres et arts : *Mémoires*, M 456.
MARSEILLE. — Faculté des sciences : *Annales*, A 310.
— Musée colonial : *Annales*, A 865.
— Société de médecine : *Archives de médecine générale et coloniale*.
— *Journal des Observateurs*, J 607.
— *Marseille médical*, M 46.
MONTPELLIER. — École nationale d'agriculture : *Annales*, A 853 *bis*.

---

(1) Les cotes sont celles de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris*. Paris, Masson, 1924-1925; 4 fasc. 23$^{cm}$. Les cotes du supplément de cet *Inventaire* portent un indice.

MULHOUSE. — Société industrielle : *Bulletin*, B 1634.

NANCY. — Société des sciences : *Mémoires*, M 558.

NICE. — Association des mutilés de guerre de l'oreille et de tous les déficients de l'ouïe : *Revue de l'ouïe*, R 1242[2].

PARIS. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, B 1861.

— Académie de médecine : *Bulletin*, B 894; *Règlement et Personnel*, R 305.

— Académie des sciences : *Annuaire*, I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, C 758.

— Académie des sciences coloniales : *Annales*, A 96[1].

— Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures : *Annuaire*, A 1280; *Bulletin*, B 914.

— Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des mines : *Annuaire*, A 1281; *Bulletin*, B 916.

— Association de documentation scientifique, industrielle et commerciale : *Bulletin*, A 2283.

— Automobile Club de France : *Bulletin officiel*, A 2603.

— Banque de France : *Assemblée générale des actionnaires*, B 14[2].

— Bureau des Longitudes : *Annuaire*, A 1370; *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs*, C 921.

— Comité international pour la diffusion artistique et littéraire par le cinématographe : *Bulletin.*

— Compagnie d'assurances générales (vie et incendie) : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires.*

— Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée : *Rapport du Conseil d'administration*, R 61.

— Compagnie des chemins de fer du Midi : *Comptes de l'exercice; Rapport du Conseil d'administration*, R 71.

— Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans : *Rapports du Conseil d'administration et de la commission de vérification des comptes*, R 57.

— Compagnie du Soleil (Société anonyme d'assurances) : *Compte rendu des opérations.*

— Compagnie universelle du canal maritime de Suez : *Canal de Suez (Le)*, C 67 *bis*; *Compte de l'exercice.*

— Congrès des sociétés savantes : *Circulaire et programme; Discours prononcés à la séance de clôture.*

— Congrès international de la sécurité aérienne (Premier) : *Rapports.*

— Conseil d'hygiène publique et de salubrité de la Seine : *Comptes rendus des séances*, C 742.

— Conservatoire national des Arts et Métiers : **Le travail humain** (1).

— École normale supérieure : *Annales scientifiques*, A 1120.

— Énergie électrique du nord de la France : *Assemblée générale ordinaire.*

— Établissements J.-J. Carnaud, forges de Basse-Indre : *Bulletin du laboratoire de recherches biologiques.*

---

(1) Le titre des périodiques nouvellement créés est inscrit en caractères gras.

PARIS. — Établissements Kuhlmann : *Compte rendu de l'Assemblée générale ordinaire; Rapport du Conseil d'administration.*

— Exposition coloniale internationale. Indochine française. Service météorologique : *Atlas.*

— Fondation Thiers : *Annuaire*, A 1347.

— Hôpital Saint-Michel : *Bulletin.*

— Institut de physique du globe. Station séismologique : *Bulletin séismique.*

— Institut des actuaires français : *Bulletin trimestriel*, B 1014.

— Institut des recherches agronomiques : *Annales des Épiphyties*, A 1090.

— Institut Henri Poincaré : *Annales.*

— Institut national d'agronomie coloniale : *L'Agronomie coloniale*, M 908.

— Institut océanographique : *Annales*, A 873.

— Institut Pasteur : *Annales*, A 874.

— Mines de Bruay : *Rapport aux actionnaires.*

— Ministère de la guerre. Service géographique de l'Armée : *Mémorial*, M 685[1].

— Ministère de la marine : *Annuaire de la Marine*, A 1355.

— Ministère du commerce : *Bulletin officiel de la propriété industrielle et commerciale*, C 98.

— Nationale (La). Compagnie anonyme d'assurances contre l'incendie et les explosions : *Assemblée générale extraordinaire des actionnaires; Comptes rendus.*

— Office international d'hygiène publique : *Bulletin mensuel*, B 1042.

— Office national météorologique de France : *Bibliographie météorologique*, B 2247; *Bulletin mensuel*, B 2247; *Bulletin quotidien de l'Afrique du Nord; Bulletin quotidien de renseignements*, B 2476[1]; *Bulletin quotidien d'études*, B 2475[1]; *Mémorial*, M 677 *bis*[1].

— Presses universitaires de France : *Publications trimestrielles.*

— Services techniques d'hygiène de la Ville de Paris : *Annales*, A 1062.

— Société amicale de secours des anciens élèves de l'École polytechnique : *Annuaire* A 1291 et 1550; *Bulletin.*

— Société anonyme A. André fils : *Spido-Journal.*

— Société anonyme Philips. Bureau d'études : *Bulletin technique Philips.*

— Société astronomique de France : *L'astronomie*, A 2471; **Bibliographie mensuelle de l'astronomie.**

— Société de géographie : *La géographie*, G 233.

— Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Bulletin*, B 1296.

— Société des anciens élèves des Écoles nationales d'arts et métiers : *Arts et métiers*, B 2506.

— Société des ingénieurs civils de France : *Annuaire*, A 1403; *Mémoires et Comptes rendus des travaux*, M 583; *Procès-verbaux des séances*, P. 631.

— Société des ingénieurs de l'automobile : *Journal (S. I. A.).*

— Société des missions étrangères : *Annales.*

— Société foncière du Paraguay : *Assemblée générale annuelle ordinaire.*

— Société française de photographie et de cinématographie : *Bulletin*, B 1608; *Bulletin de photogrammétrie; Petite chronique mensuelle de la S. F. P. C.*

— Société française des électriciens : *Bulletin*, B 1644.

PARIS. — Société française Hispano-Suiza : *Revue et Bulletin technique.*

— Société géologique de France : *Bibliographie des sciences géologiques*, B 245[1]; *Bulletin*, B 1619; *Compte rendu sommaire des séances*, C 767; *Mémoires*, M 535.

— Société nationale d'horticulture de France : *Bulletin mensuel*, A 952.

— Société de secours des amis des sciences : *Annuaire*, C 679.

— Touring-Club de France : *Revue mensuelle*, R 1484.

— Union (L') (Compagnie d'assurances contre l'incendie, les accidents et risques divers) : *Compte rendu à l'assemblée générale des actionnaires.*

— Union sociale d'ingénieurs catholiques : *Annuaire; Écho*, E 18.

— Université : *Livret de l'étudiant*, A 92.

— Urbaine (L') (Compagnie anonyme d'assurances contre l'incendie) : *Comptes rendus des opérations.*

— *Annales de chimie*, A 832.

— *Annales de géographie*, A 837.

— *Annales de physique*, A 832.

— *Annales des ponts et chaussées*, *Partie administrative*, *Partie technique*, A 1473.

— *Anthropologie (L')*, M 129.

— *Archives de médecine et de pharmacie navales*, A 2134.

— **Archives hospitalières** (*suite du Bulletin de l'Hôpital Saint-Michel*).

— *Botaniste (Le)*, B 703.

— *Bulletin des sciences mathématiques*, B 1843.

— *Chaleur et industrie*, C 202.

— *Chimie et industrie*, C 342.

— *Cité moderne (La).*

— *Documentation scientifique.*

— *Échos de la médecine (Les).*

— *Enseignement (L') mathématique*, E 278.

— *Études (Les).*

— *Flore générale de l'Indochine*, F 691[1].

— *Gazette des hôpitaux civils et militaires*, L 27.

— *Journal d'agriculture pratique et Journal de l'agriculture*, M 90.

— *Journal de chimie physique*, J 368.

— *Journal de mathématiques pures et appliquées*, J 467.

— *Journal de pharmacie et de chimie*, B 1787.

— *Mémorial de l'artillerie française*, M 677 *bis.*

— *Nature (La)*, N 52.

— *Progrès (Le) médical*, P 684.

— **Pyrex documentation, revue mensuelle des laboratoires.**

— *Revue des combustibles liquides*, R 1214.

— *Revue des roulements à billes*, R 1256[1].

— *Revue de viticulture*, R 1197.

— *Revue du génie militaire*, R 1288.

— *Revue du nickel.*

— *Revue générale de l'électricité*, L 183.

— *Revue générale des sciences pures et appliquées*, R 1362.

PARIS. — *Revue maritime*, R 1025.
— *Revue moderne de médecine et de chirurgie*, R 1497.
— *Revue scientifique illustrée* (Revue rose), R 1216.
— *Revue suisse.*
— *Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique, de biologie et de technologie*, T 18.
— *Technique (La) moderne*, T 50.
— *Tribune (La) médicale*, T 515.
ROUEN. — Société des amis des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1527.
— Société industrielle : *Bulletin*, B 1636.
SAINT-ÉTIENNE. — *Revue de l'industrie minérale*, R 1123.
STRASBOURG. — Union géodésique et géophysique internationale, section de séismologie. Bureau central séismologique international : *Publications*, P 839.
— Université. Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine : *Bulletin*, A 63.
TALENCE. — Observatoire : *Bulletin*, B 1032.
TOULON. — *Côte d'Azur (La) médicale*, C 1049[1].
TOULOUSE. — Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres : *Mémoires*, H 74.
— Observatoire astronomique et météorologique : *Annales*, A 891.

### Allemagne.

BERLIN. — Preussische Akademie der Wissenschaften : *Abhandlungen*, M 944.
— *Forschungen und Fortschritte*, F 101[1].
BREMEN. — Meteorologisches Observatorium : *Deutsches meteorologisches Jahrbuch*, E 351.
FRANKFÜRT AM MAIN. — Deutsche Glastechnische Gesellschaft : *Fachausschussbericht.*
GÖTTINGEN. — Gesellschaft der Wissenschaften : *Abhandlungen*, C 569; *Nachrichten*, N 5.
HALLE. — Kaiserlich Leopoldinische deutsche Akademie der Naturforscher : *Bericht über die Tätigkeit; Nova Acta Leopoldina*, L 67.
LEIPZIG. — Sächsische Akademie der Wissenschaften : *Abhandlungen der mathematisch-physischen Klasse*, A 44; *Berichte über die Verhandlungen*, B 185.
MÜNCHEN. — Bayerische Akademie der Wissenschaften. Mathematich-naturwissenschaftliche Abteilung : *Abhandlungen*, A 36; *Sitzungsberichte*, J 122.

### Autriche.

WIEN. — Akademie der Wissenschaften : *Sitzungsberichte*, S 358.
— Wiener medizinische Fakültät : *Program des 49 Fortbildungskursus.*

### Belgique.

BRUXELLES. — Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin*, B 899; *Mémoires couronnés et autres mémoires*, M 440.
— Institut royal colonial belge : *Bulletin des séances; Mémoires.*

Bruxelles. — Ministère de l'agriculture : *Bulletin du Jardin botanique de l'État*, B 1995.

— Musée royal d'histoire naturelle de Belgique : *Bulletin*, B 2016; *Mémoires*, M 576.

— Société belge de géologie : *Bulletin*, B 1178.

— Société royale zoologique de Belgique : *Annales*, A 988.

Liège. — Société géologique de Belgique : *Annales*, A 980.

— Société royale des sciences : *Bulletin; Mémoires*, M. 557.

— Université. Institut de botanique : *Archives*, A 2116.

Louvain. — Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101; *Revue des questions scientifiques*, R 1252.

Uccle. — Observatoire royal de Belgique : *Annales*, A 884; *Annuaire*, A 1315; *Bulletin astronomique; Bulletin séismique*, B 2490.

## Danemark.

Kobenhavn (Copenhague). — Danmarks Geodaetisk Institut : *Bulletin of the Seismological Station.*

— *Danish Ingolf Expedition.*

## Espagne.

Barcelona. — Academia de ciencias y artes : *Boletin*, B 434; *Memorias*, M 693; *Nomina del Personal academico.*

— Museu de ciencias naturals : *Treballs*, T 501[2].

— *Junta de ciencias naturals*, A 318.

— *Ciencia*, C 397[1].

Madrid. — Academia de ciencias fisico-quimicas y naturales : *Anuario*, A 1897; *Revista*, R 755.

— Congrès international de la lutte scientifique et sociale contre le cancer : *Bulletin d'information*, B 456 *bis*[1].

— Instituto forestal de investigaciones y experiencias : *Publications.*

— Instituto géografico, cadastral y de Estadistica. Servicio meteorologio español: *Resumen de las observaciones.*

— Ministerio de Marina. Instituto español de oceanografia : *Boletin de Oceanografia y Pesca*, P[2] 977.

— Observatorio astronomico : *Anuario*, A 1908.

— Sociedad española de historia natural : *Boletin*, A 691; *Revista española de biologia*, B 471.

— Sociedad geografica nacional : *Boletin*, B 460.

San Fernando. — Instituto y Observatorio de Marina : *Almanaque nautico*, A 555.

## Finlande.

Helsinki (Helsingfors). — Academia scientiarum fennica (Suomalaisen tiedeakatemian) : *Annales (Toimituksia)*, S 750; *FF (Folklore Fellows) Communications*, F o[1].

HELSINKI (HELSINGFORS) — Association d'océanographie physique : *Publications scientifiques.*

— Commission géologique de Finlande (Suomen geologinen Toimikunta) : *Bulletin*, B 1903 *bis.*

— Merentutkimuslaitoksen julkaisu havsforskningsinstitutets (Institut thalassologique) : *Skrifter*, M 735[1].

— Societas geographica fenniæ : *Acta geographica*, A 119[3]; *Fennia*, F 32.

— Societas scientiarum fennica : *Årsbok-Vuosikirja*, S 395[1]; *Bidrag till Kännedom af Finlands natur och folk*, B 318; *Commentationes physico-mathematicæ*, C 573 *bis.*

**Grande-Bretagne et Irlande.**

BIRMINGHAM. — Natural History and Philosophical Society : *Annual Report*, B 363 *bis; Proceedings*, P 525.

CAMBRIDGE. — International Astronomical Union : *Transactions.*

— Obsevatory : *Annual Report of the Observatory Syndicate*, C 48.

— Solar Physics Observatory : *Annals*, A 1207; *Annual Report of the Director*, A 1721.

DUBLIN. — Royal Dublin Society : *Scientific Proceedings*, J 845.

— Royal Irish Academy : *Proceedings*, P 600.

EDINBURGH. — Royal Observatory : *Annual Report of the Astronomer Royal for Scotland*, A 1665.

— Royal Physical Society : *Proceedings*, P 601.

— Royal Society : *Proceedings*, P 602; *Transactions*, T 402.

GREENWICH. — Royal Observatory : *Astrographic Catalogue; Report of the Astronomer Royal to the Board of Visitors*, R 429.

HARPENDEN. — Rothamsted Experimental Station : *Report.*

LONDON. — British Astronomical Association : *Handbook*, B 742; *Journal*, J 798.

— Colonial Office. Discovery Committee : *Discovery Reports.*

— Geological Society : *Geological Literature*, G 244; *Quarterly Journal*, Q 11.

— Institution of Mechanical Engineers : *Proceedings*, P 560.

— Meteorological Office : *Annual Report of the Director; Geophysical Memoirs*, M 783; *Meteorological Observations made in British Colonies and Protectorates; Monthly Weather Report*, M 781; *Notes on the Meteorological Observations; Observatories, Year Book*, O 100[1].

— Meteorological Office. Southport auxiliary Observatory : *Annual Report and Results of meteorological Observations*, B 671.

— National Physical Laboratory : *Report for the Year*, N 26.

— Royal Astronomical Society : *Memoirs*, M 608; *Monthly Notices*, M 1256.

— Royal Geographical Society : *Geographical Journal*, C 231.

— Royal Institution of Great Britain : *Proceedings*, N 258; *Record*, R 196[1].

— Royal Microscopical Society : *Journal*, T 361.

— Royal Society : *Obituary Notices of Fellows*, O 0[1]; *Philosophical Transactions*, P 225; *Proceedings*, A 72; *Year Book*, Y 20.

— Royal Society of Medicine : *Proceedings*, P 603.

— Shipping, Engineering and Machinery Exhibition : *Official Bulletin.*

LONDON. — *Bulletin technique concernant l'application du graphite colloïdal à l'Industrie.*
— *The Pharmaceutical Journal*, P 166 *bis*.
SIDMOUTH. — Norman Lockyer Observatory : *Directors' Annual Report*, N 203².

**Grèce.**

ATHÈNES. — Académie d'Athènes : *Praktica.*

**Islande.**

REYKJAVIK. — Societas scientiarum islandica : **Publications.**
— **Rit visindafélags islendinga.**

**Italie.**

BOLOGNA. — Osservatorio astronomico della R. Universita : *Pubblicazioni*, P 784 *bis*.
CATANIA. — Reale Osservatorio astrofisico di Catania : *Annuario*, R 175¹; *Attivita del Sole (L'); Catalogo astrofotografico internazionale* : **Contributi astrofisici.**
CITTA DEL VATICANO. — Osservatorio vaticano : *Catalogo astrografico.*
— Pontificia Academia scientiarum novi Lyncæi : *Atti*, A 2538; *Memorie*, M 708; *Scientiarum nuncius radiophonicus.*
FIRENZE. — *Firenze Rassegna mensila del Comune.*
MILANO. — Reale Istituto lombardo di scienze e lettere : *Rendiconti*, 175.
— *Scientia*, R 1665.
NAPOLI. — Association de volcanologie de l'Union géodésique et géophysique internationale : *Bulletin volcanologique*, B 2542².
— Reale osservatorio vesuviano : *Annali*, A 1134.
— Societa italiana di Biologia sperimentale : *Bollettino*, B 618¹.
— Societa reale di Napoli. Accademia delle scienze fisiche e matematiche : *Atti*, A 2536; *Rendiconti*, R 332.
PADOVA. — Universita : *Rendiconti del Seminario Matematico.*
PALERMO. — Circolo matematico : *Rendiconti*, R 329.
PARMA. — Ministerio dei lavori pubblici. Servizio idrografico. Ufficio idrografico del Po : *Annali idrologici*, U 8¹; *Pubblicazioni.*
— Ministerio dei lavori pubblici. Circolo superiore d'ispezione per il Po : *Bollettino annuale*, B 563 *bis*¹; *Bollettino trimestriale.*
PISA. — Reale Scuola d'ingegneria : *Pubblicazioni*, R 177 *bis*¹.
REGGIO. — R. Stazione sperimentale per l'industria delle essenze e dei derivati dagli agrumi : *Bollettino ufficiale*, B 659¹.
ROMA. — Consiglio nazionale delle ricerche : *Bibliografia Italiana*, B 226 *bis; La ricerca scientifica.*
— Ente nazionale Industrie Turistiche : *Enit Nouvelles; Italie voyages.*
— Institut international d'agriculture : *Revue internationale d'agriculture*, B 1902.
— Ministero dell' aeronautica. Direzione generale dei servizi del materiali e degli aeroporti. Ufficio presagi : *Annali*, A 1140¹.
— Ministero dell' agricoltura e delle foreste : *Nuovi annali dell' Agricoltura*, A 1131.

ROMA. — Ministero dell' agricoltura e delle foreste. Fondazione per la sperimentazione e la ricerca agraria : *Annali delle Sperimentazione agraria.*
— Reale Accademia nazionale dei Lincei : *Atti*, A 2546; *Memorie*, A 2546.
— R. Ufficio centrale di meteorologia e geofisica : *Annali*, A 1140; *Memorie*, M 702[1].
TORINO. — Academia pro Interlingua : *Schola et Vita.*
— Reale Accademia delle Scienze : *Atti*, A 2547; *Memorie*, M 949.
VENEZIA. — R. Comitato talassografico italiano : *Memorie*, S 394[1] et R 173[2].
— Reale Istituto veneto di scienze lettere ed arti : *Atti*, A 2571.

**Latvie.**

RIGA. — Latvijas Biologijas Biedrîbas (Société de biologie de Lettonie) : *Darbibas parskats; Raksti* (*Bulletin*).
— Universitates meteorologiska Institute : *Darbi* (*Travaux*), L 46 *bis*[2].
— Universitates meteorologiska observatorijas : *Noverojumi.*

**Luxembourg.**

LUXEMBOURG. — *Stereophysik.*

**Monaco.**

MONACO. — Institut océanographique : *Bulletin*, B 2015.

**Norvège.**

BERGEN. — Chr. Michelsens Institutt for Videntskap og Åndsfrihet : **Beretninger.**
Museum : *Årsberetning*, B 118; *Årbok*, B 118.
— Norske Institutt for Kosmisk fysikk : **Publikasjoner.**
OSLO. — Norske videnskaps-Akademi : *Geofysiske Publikasjoner*, G 221 *bis*.
— Norwegische Meteorologische Institut : *Jahrbuch*, N 214.
— *Norsk matematisk forenings Skrifter*, N 213[1].
TROMSØ — Geofysiske Institutt. Haldde Observatoriet : *Publikasjoner.*

**Pays-Bas.**

AMSTERDAM. — Koninklijke Akademie van Wetenschappen : *Proceedings of the Section of Sciences*, K 81; *Verhandelingen*, V 25; *Verslag van de Gewone Vergaderingen der afdeeling Natuurkunde*, V 131.
- Nederlandsche botanische Vereeniging : *Nederlandsch Kruidkundig Archief*, N 92.
— University. Astronomical Institute : *Publications*, P 848 *bis*.
— *Recueil des travaux botaniques néerlandais*, N 92.
— *Revue semestrielle des publications mathématiques*, R 1568.
DE BILT. — Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut : *Ergebnisse aerologischer Beobachtungen; Jaarboek* (*Annuaire*), M 816; *Mededeelingen en Verhandelingen*;

*Overzicht der meteorologische Waarnemingen, verricht op de meteorologische Stations in Nederlandsch West-Indië; Seismeische registrierungen in De Bilt*, S 272.

HAARLEM. — Musée Teyler : *Archives*, A 2162.

— Société hollandaise des sciences : *Archives néerlandaises de phonétique expérimentale; Archives néerlandaises de physiologie de l'homme et des animaux*, A 2185; *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles*, A 2185.

LEIDEN. — Physical Laboratory of the University : *Communications*, C 616.

ROTTERDAM. — Bataafsch Genootschap der Proefondervindelyke Wysbegeerte : *Nieuwe Verhandelingen*, V 34.

'S GRAVENHAGE. — Institut international de statistique : *Revue.*

— Institut international de statistique. Office permanent de statistique : *Bulletin mensuel*, I 254.

— *Flora batava Afbeelding en Beschrijving der nederlandsche gewassen.*

— **Physica.**

UTRECHT. — Observatoire : *Recherches astronomiques*, R 179.

## Pologne.

KRAKÓV (CRACOVIE). — Polskiego Towarzystwa geologicznego (Société géologique de Pologne) : *Rocznik* (*Annales*), R 1704².

LWOW. — Société polonaise des naturalistes « Kopernik » : *Kosmos*, K 89¹.

— Union des Sociétés savantes polonaises de Léopol : *Bulletin*, B 1052.

— Universytet Jana Kazimierza : *Kronika*, K 99¹; *Program wykladow Sklad Uniwersytetu.*

PULAWY. — Institut national polonais d'économie rurale (Panstwowego Instytut naukowego gospodarstwa wiejskiego : *Mémoires* (*Pamietnik*), P 27¹.

WARSZAWA (VARSOVIE). — Panstwowy Instytut meteorologiczny : *Prace* (*Memorial*); *Rocznik* (*Annuaire*); *Wiadomosci meteorologiczne i Hydrograficzne.*

— Societas botanicorum Poloniæ : *Acta*, A 134¹.

— Société des sciences et des lettres : *Annuaire* (*Rocznik*), R 1704¹; *Archives de minéralogie*, A 2287³; *Comptes rendus des séances* (*Sprawozdania*), C 671.

— Towarzystwo Politechniczne (Société polytechnique) : *Sprawozdania* (comptes rendus), S 566².

— *Prace matematyczno-fiziczne*, P 385.

## Portugal.

COIMBRA. — Universidade. Observatorio astronomico : *Efemérides astronomicas*, E 303.

LISBOA. — Academia des Ciências : *Boletim*, B 392.

— Ministerio das Colonias : *Carte géologique de l'Angola.*

— Serviços geol'gicos de Portugal : *Comunicações*, C 614¹; *Terremoto do 1er de novembro de 1755 em Portugal.*

— Universidade. Museu e Laboratorio mineralogico e geologico : *Boletim.*

PORTO. — Faculdade de ciencias : *Anaïs*, A 655¹.

**Roumanie.**

BUCURESTI (BUCAREST). — Académie roumaine : *Bulletin de la section scientifique*, B 1147.
— École polytechnique « Roi Carol » : *Bulletin de mathématiques et de physique pures et appliquées.*
— Institut expérimental roumain pour la culture et la fermentation du tabac : *Bulletin* (Buletinul cultivărei și fermentărei Tutunului).
— Institut national roumain pour l'étude de l'aménagement et de l'utilisation des sources d'énergie : *Publications.*
— Societatii Romàna de fizica : *Buletinul.*
— Société médicale des hôpitaux : *Bulletins et mémoires*, B 2170.
— **Notationes biologicae.**
— *Viata.*
CLUJ. — *Revista enciclopedica.*
JASSY. — Université : *Annales scientifiques*, A 1121.
TIMISOARA. — École polytechnique : *Bulletin scientifique.*

**Russie.**

KAZAN. — Université. Société physico-mathématique : *Bulletin*, B 1710.
KHARKOW. — *Communications de la Société mathématique de Kharkow et de l'Institut des sciences mathématiques de l'Ukraine*, C 615.
— *Journal chimique de l'Ukraine*, O 265[2].
KIEFF. — Académie des sciences de l'Ukraine : *Journal du cycle botanique; Journal du cycle de physique et de chimie; Journal du cycle mathématique.*
— Jardin botanique : *Bulletin.*
LENINGRAD. — Académie des sciences : *Bulletin*, B 2485; *Comptes rendus*, C 628; *Travaux de l'Institut géologique*, T 532 *bis*[2]; *Travaux de l'Institut paléozoologique; Travaux du musée botanique*, T 532 *bis.*
— Institut de médecine expérimentale : *Archives des sciences biologiques*, A 2157.
— Institute for Controlling Farm and Forest Pest : *Bulletin.*
— Société russe de minéralogie : *Mémoires*, V 72.
MOSKVA (MOSCOU). — Institut agraire international : *Agrair Problème; Index bibliographique.*
— Staats Universitat : **Wissenschaftliche Berichte.**
— *Revue zoologique russe*, R 1612[1].
TASKENT. — Geological and Prospecting Service of U. S. S. R. : *Bulletin of the midde Asia.*
TOMCK. — Sibirische physicalisch-technische Institut : **Verhandlungen.**
VLADIVOSTOK. — Hydrometeorological Committee of the R. S. F. S. R. : *Records of the far east geophysical Institute.*
— Observatoire géophysique central : *Annales.*

## Suède.

ABISKO. — Natürvetens kaplige Station : *Observations météorologiques à Vassijaure*, A 67.
GÖTEBORG. — Kunglika Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Handlingar*, G 374.
STOCKHOLM. — K. Svenska Vetenskaps Akademiens : *Arkiv för botanik*, B 331; *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi*, B 331; *Arkiv för Matematik, Astronomi cho Fysik*, B 331; *Arkiv för Zoologi*, B 331; *Handlingar*, S 775; *Skrifter i naturskyddsärenden*, K 67[1].
— Observatorium : *Astronomiska iakttagelser och undersökningar*, A 2490.
— Statens meteorologisk hydrografiska anstalt : *Årsbok*, S 590[1]; *Meddelanden*, M 174.
— Sveriges geologiska undersökning : *Årsbok*, S 776 *bis; Kartblad; Publications*, S 776.
— *Acta chirurgica Scandinavica*, M 398.
— *Acta mathematica*, A 126.
UPPSALA. — Gustav Adolf Akademie för folklivsforskning : *Skrifter*.
— Regiae Societatis Scientarum Uppsaliensis : *Nova acta*, A 125.
— Université. Observatoire météorologique : *Bulletin mensuel*, B 2318; *Observations séismographiques*, O 81.

## Suisse.

BÂLE. — Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta*, H 52.
BERNE. — Bibliothèque nationale suisse : *Catalogue; Rapport*, B 309[1].
GENÈVE. — Observatoire : *Publications*, O 29.
— Société astronomique Flammarion : *Bulletin*, B 1171[1].
— Société de physique et d'histoire naturelle : *Comptes rendus des séances*, C 665.
— *Archives des sciences physiques et naturelles*, B 313.
LAUSANNE. — Institut international de mécanoculture : *Comptes rendus sténographiques des séances de la quatrième semaine internationale du machinisme à la ferme; Le courrier de l'I. M. C.*
— Société helvétique des sciences naturelles : *Mémoires*, D 37.
— Société helvétique des sciences naturelles. Commission géologique : *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse.*
— Société vaudoise des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1862; *Mémoires*, M 558[1].
ZURICH. — Eidgenössiche Sternwarte. International astronomical Union : *Bulletin for character figures of solar phenomena.*
— Naturforschenden Gesellschaft : *Vierteljahrsschrift*, V 195.
— Schweizerischen meteorologischen zentral-Anstalt : *Annalen*, S 165.

## Tchécoslovaquie.

BRNO. — École supérieure d'agronomie (Vysoká Skolá zemédelské) : *Bulletin (Sbornik)*, B 989[2].
— Societatis scientiarum naturalium moraviæ : *Acta (Práce)*, A 140[1].

BRNO. — Université Masaryk. Faculté de médecine : *Publications (Spisy)*, P 835[2].
— Université Masaryk. Faculté des sciences : *Conférences*; *Publications (Spisy)*, S 558; *Výročni Zpráva; Zpravy Komise.*

PRAHA (PRAGUE). — Ceská Akademie Ved a Umeni (Académie tchèque des sciences et des arts) : *Bulletin international*, B 2197.
— Observatoire national (Státni) Hvězdárny : *Publications*, P 833[1].
— Société royale des lettres et des sciences de Bohême (Král. česka společnost nauk); *Memoires (Věstnik); Résumé du compte rendu annuel (Výročni zpràva).*
— *Collection des travaux chimiques de Tchécoslovaquie*, C 511[1].

### Yougoslavie.

BEOGRAD (BELGRADE). — Académie royale serbe des sciences et des arts : *Archives; Comptes rendus; Éditions spéciales.*
— Université. Observatoire astronomique : *Publications.*

ZAGREB. — Académie des sciences et des arts : *Bulletin international (Rad.)*, R 6.
— Veterinarsky Fakultata : *Veterinarski Archiv.*

## ASIE.

### Chine.

HONG-KONG. — Royal Observatory : *Isotyphs; Magnetic Results; Monthly Meteorological Bulletin*, M 1254[1]; *Monthly Seismological Bulletin*, M 1267[2].

NANKING. — Academia Sinica. Metropolitan Museum of Natural History : *Sinensia.*
— Academia Sinica. National Research Institut of Astronomy : **Monographs.**
— Academia Sinica. National Research Institute of Chemistry : *Memoirs.*
— Academia Sinica. National Research Institute of Geology : *Memoirs.*
— Academia Sinica. National Research Institute of Meteorology : *Bulletin of the Upper Air; Memoirs; Monthly meteorological Bulletin.*
— Academia Sinica. National Research Institute of Physics : *Scientific Papers.*
— Academia Sinica. National Research Institute of Social Sciences : *Memoirs; Shanghai As Shown in Statistical Tables.*
— Science Society of China : *Contributions from the biological Laboratory.*

PEIPING (PEKING). — Chinese chemical Society : **Journal.**
— Geological Society of China : *Bulletin*, B 2365[1].
— National Academy. Geological Survey of China : *Geological Bulletin*, B 2366 *bis; Geological Memoirs*, M 617; *Paleontologia sinica*, P 16 *bis; Seismological Bulletin.*
— National Tsing Hua University : *Science Reports.*

### Indes anglaises.

ALLAHABAD. — Academy of Sciences : *Bulletin.*
— Indian Mathematical Society : *Journal*, J 818; **The Mathematics Student.**

BOMBAY. — Government Observatories : *Magnetic Meteorological and Seismographic Observations*, M 60.

CALCUTTA. — Geological Survey of India : *Memoirs*, M 620; *Records*, R 193.

— Indian Chemical Society : *Journal*, J 817[1].

— Indian Museum : *Records*, R 196; *Report of the zoological Survey of India*, A 1823.

— Royal Botanic Garden : *Annals*, A 1205.

CEYLON. — *Ceylon Journal of Science*, C 198[1].

DEHRA-DUN. — Survey of India : *Professional Paper*, S 756 *bis; Records*, R 201.

### Indochine.

HANOÏ. — Inspection générale de l'agriculture, de l'élevage et des forêts : *Deuxième Congrès du Crédit populaire agricole; Rapport d'ensemble et annexes.*

— Inspection générale des Mines et de l'Industrie. Service de la Statistique générale de l'Indochine : *Annuaire statistique de l'Indochine.*

— Service géologique : *Bulletin*, B 2032.

— *Bulletin économique de l'Indochine*, B 2153.

PHU LIEN. — Observatoire central. Service météorologique de l'Indochine : *Annales; Bulletin pluviométrique*, O 85.

### Japon.

FUKUOKA. — Kyushu Imperial University : *Memoirs of the Faculty of Engineering*, M 614.

HIROSHIMA. — University : *Journal of Science.*

KEIJO. — Imperial University. Medical Faculty : *The Keijo Journal of Medicine.*

KYOTO. — Imperial University : *Acta scholæ medicinalis*, A 134.

— Imperial University. College of Agriculture : *Memoirs*, M 613[1].

— Imperial University. College of Engineering : *Memoirs*, M 615.

— Imperial University. College of Science : *Memoirs*, M 615.

NAGOYA. — University (Nagoya Ikwa-Daigaku) : *Nagoya Journal of Medical Science*, N 8[1].

PORT-ARTHUR. — Ryojun College of Engineering : *Memoirs*, M 641[1].

SAPPORO. — Hokkaido Imperial University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 616[2],

— Hokkaido Imperial University. Faculty of Science : *Journal.*

SENDAI. — Saito Gratitude Foundation (Saito-Ho-On-Kai) : *Annual Report of the Work*, A 1814[1].

— Tôhoku Imperial University : *Science reports*, S 215 *bis; Mitteilungen über allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie*, M 1065[1]; *Technology reports*, T 59; *Tôhoku Mathematical Journal*, T 180.

TOKYO. — Association franco-japonaise des amis de l'Athénée : *L'Athénée.*

— Astronomical Society of Japan : *Observations of Variables Stars.*

— Athénée français : *Rapport annuel.*

— Chemical Society of Japan : *Bulletin*, B 2355[1].

— Imperial Academy : *Proceedings*, P 554[1].

TOKYO. — Imperial Japanese Navy. Hydrographic Department : *Bulletin*, B 2371.
— Imperial University (Tokio Teikoku Daigaku) : *Calendar*, T 182; *Science Reports.*
— Imperial University. Aeronautical Research Institute : *Report*, R 425[1].
— Imperial University. Astronomical Observatory : *Annals*, A 880; *Astronomical Bulletin.*
— Imperial University. Earthquake Research Institute : *Bulletin*, B 2360[1].
— Imperial University. Faculty of Engineering : *Journal*, J 810[1].
— Imperial University. Faculty of Science : *Journal*, M 642 et J 810[2]; *Memoirs.*
— Imperial University. Government Institute for Infectious Diseases : *Japanese Journal of Experimental Medecine.*
— Imperial University. Zoological Institute (Tokyo Bunrika Daigaku) : *Science Report*, S 215 *bis.*
— Institute of Electrical Engineers of Japan (Denki-Gakkwai) : *Journal.*
— Institute of Physical and Chemical Research : *Bulletin*, B 2377[1]; *Scientific Papers*, S 229.
— Iwata Institute of Plant Biochemistry : *Acta phytochimica*, A 131.
— Japanese National Committee World Power Conference : *Power Bibliography.*
— National Research Council of Japan : *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, J 245; *Japanese Journal of Botany*, J 245 *bis; Japanese Journal of Engineering*, J 245 *ter*[1]; *Japanese Journal of Medical Sciences*, J 245 *quater; Report.*
— National Research Council of Japan. Radio Research Committee : *Reports of Radio Researches in Japan.*
— Physico-mathematical Society of Japan : *Proceedings*, T 184.
— Society of Chemical Industry : *Journal*, J 853[1].
Society of Mechanical Engineers : *Journal.*
— University of Litterature and Science (Tokio Bunrika Daigaku) : *Science Reports*

**Palestine.**

TEL-AVIV. — Independent Biological Laboratories : *Bulletin.*

**Syrie.**

KSARA. — Observatoire : *Annales*, A 885[1].

## AFRIQUE.

**Afrique Occidentale française.**

GORÉE. — Service météorologique de l'A. O. F. : *Bulletin.*

### Algérie.

Alger. — Banque industrielle de l'Afrique du Nord : *Rapport du Conseil d'administration.*
— Institut Pasteur d'Algérie : *Archives*, A 2116[3].

### British East African.

Nairobi. — Meteorological Service : *Results of Meteorological Observations; Summary of Rainfall.*

### Égypte.

Cairo. — Egyptian University. Faculty of Sciences : *Prospectus for the Academic Year; Report for the Session.*
— Ministry of Agriculture : *Report on the work of the Plant Protection Section.*
— Ministry of Agriculture. Technical and Scientific Service : *Bulletin.*

### Madagascar.

Tananarive. — Académie Malgache : *Bulletin*, B 2510; *Mémoires*, M 450[1].
— Gouvernement général de Madagascar et dépendances : *Bulletin économique mensuel*, B 2154.
— Service météorologique de Madagascar : **Observations climatologiques.**
— *Catalogue des plantes de Madagascar.*
— *La Revue de Madagascar*, B 1977.

### Maurice (Ile).

Port-Louis. — Royal Alfred Observatory : *Annual Report; Miscellaneous Publications*, M 951; *Results of Magnetical and Meteorological Observations*, M 771.

### Nigeria.

— Geological Survey : *Annual Report.*

### Tunisie.

Tunis. — Institut Pasteur de Tunis : *Archives*, A 2117.

## AMÉRIQUE.

### Argentine.

Buenos-Aires. — Ministerio de agricultura : *Boletin*, B 511.
— Museo nacional de historia natural : *Anales*, A 725.

BUENOS-AIRES. — Sociedad argentina de ciencias naturales : *Physis*, P 324.
— Universidad. Facultad de Ciencias exactes, fisicas y naturales : *Publicaciones.*
LA PLATA. — Observatorio astronomico de la Universidad nacional : *Contribuciones geofisicas*, O 101[1].
SANTA-FÉ. — Instituto de investigaciones cientificas y tecnologicas : *Anales.*
— Sociedad cientifica : *Boletin.*

**Brésil.**

RIO DE JANEIRO. — Academia brasileira de sciencias : *Annaes.*
— Escola superior de Agricultura e medicina veterinaria : *Archivos.*
— Museo nacional : *Boletim*, B 406 *bis*[1].
— Observatorio nacional : *Annuario*, A 1868; *Taboas das marés*, T 28[1].
— Sociedade Brasileira de Chimica : *Revista*, R 686[1].
— *Mundo medico.*
— *Revista medico-cirurgica do Brasil*, R 883.
SAO PAULO. — Museu Paulista : *Revista*, R 825.
— Sociedade editora medica limitada : *Annaes paulistas de medicina e cirurgia*, A 761.
— Syndicato chimico : **Chimica.**

**Canada.**

HALIFAX. — Nova Scotian Institute of Science : *Proceedings*, P 493.
OTTAWA. — Canadian Patent Office : *Record and Register of Copyrights and Trade Marks*, C 66.
— Department of Mines : *Annual Reports*, C 55.
— Department of Mines. Musée national du Canada : *Bulletin.*
— Department of the Interior. Dominion Observatory : *Publications*, D 137.
— Department of the Interior. Geodetic Survey : *Annual Report of the Director*, A 1796.
— Pacific Science Congress : *Proceeding of the Pacific Science Council.*
TORONTO. — Biological Stations of Canada : *Contributions to Canadian Biology and Fisheries*, C 1001.
— Ministry of Fischeries. Biological Board of Canada : *Annual Report on the Work; Bulletin*, B 2346[2].
— Royal astronomical Society of Canada : *Journal*, T 281.
— Royal Canadian Institute : *Transactions*, C 63.

**Chili.**

CONCEPCION. — Sociedad de Biologia : *Boletin.*
SANTIAGO. — Observatorio del Salto : *Boletin*, B 522[1].

**Cuba.**

LA HABANA. — *Boletin oficial de marcas y patentes*, B 558.

### États-Unis.

ALBANY. — University of the State of New-York. New-York State Museum : *Bulletin*, B 2397 *bis; Handbook*, A 622[4].
— *Astronomical Journal*, A 2454.
ANN ARBOR. — University of Michigan. Observatory : *Publications*, D 149.
BERKELEY. — University of California : *Publications*, U 149.
BOSTON. — American Academy of Arts and Sciences : *Proceedings*, P 500.
BOULDER. — University of Colorado : *Bulletin*, C 106.
CAMBRIDGE. — Harvard College Observatory : *Annals*, A 1192; *Bulletin*, H 30; *Circular*, A 2468.
CHICAGO. — Academy of Sciences : *Program of Activities.*
— Field Museum of Natural History : *Leaflet*, F 57[1].
DES MOINES. — Iowa Geological Survey : *Annual Report*, R 467.
EASTON. — American Chemical Society : *Journal*, J 780.
GENEVA. — New-York State Agricultural Experimental Station : *Annual Report* N 142; *Bulletin; Technical Bulletin*, N 143.
IOWA CITY. — University of Iowa : *Studies*, U 155.
MOUNT HAMILTON. — University of California. Lick Observatory : *Bulletin*, L 81.
NEW-YORK. — American Institute of Physics : *The Review of Scientific Instruments.*
— American Mathematical Society : *Colloquium publications; Transactions*, T 252.
— American Physical Society : *Physical Review*, P 307.
— Meteorological Observatory : *Annual Tables*, N 157[1]; *Report*, R 494.
— New-York Academy of Sciences : *Annals*, A 1200.
PASADENA. — Mount Wilson Observatory : *Contributions*, C 76.
PHILADELPHIA. — American Philosophical Society : *List; Proceedings*, P 506.
— Franklin Institute : *Journal*, J 812.
PRINCETON. — University Observatory : *Contributions*, C 997.
SAINT-LOUIS. — Academy of Sciences : *Transactions*, T 232.
SAN DIEGO. — Museum : *Bulletin.*
— Society of Natural History : *Transactions*, T 402[1].
SAN FRANCISCO. — California Academy of Sciences : *Proceedings*, P 534.
STANFORD. — University : *Contributions from the Department of Geology; Publications*, L 65.
— University. Department of Geology : **Contributions.**
WASHINGTON. — Carnegie Institution. Department of Terrestrial Magnetism : *List of Publications.*
— Carnegie Institution. Mount Wilson Solar Observatory : *Contributions*, C 76.
— Department of Agriculture : *Circular*, D 113[1]; *Farmers' Bulletin*, U 78; *Index Catalogue of medical and veterinary zoology; Journal of Agricultural Research*, J 718; *Technical Bulletin*, U 80[1].
— Department of Agriculture. Weather Bureau : *Monthly Weather Review*, M 1269.
— Department of Commerce. Bureau of Standards : *Building and Housing Publi-*

*cations; Circular*, C 419; *Handbook; Journal of Research*, B 2555[1]; *Miscellaneous Publications*, D 119; *Standard Year Book*.

WASHINGTON. — Department of Commerce. Coast and Geodedic Survey : *Annual Report of the Director*, A 1795; *Results of Observations; Special Publication*, D 122; *United States Earthquakes*.

— Department of the Interior. Geological Survey : *Water Supply Paper*, W 7.

— Department of the Interior. Office of Education : *Bulletin*, U 62.

— Department of the Navy. Naval Observatory : *American Ephemeris and Nautica, Almanac*, A 584; *Annual Report*, S 789; *Publications*, A 2464.

— Library of Congress : *Report of the Librarian*, L 79.

— National Academy of Sciences : *Proceedings*, P 574.

— National Advisory Committee for Aeronautics : *Technical Notes*.

— National Research Council : *Bulletin*, B 2392; *Organization and members; Report* A 1762[2]; *Reprint and Circular Series*, R 563[1].

— Smithsonian Institution : *Annual Report of the Board of Regents*, A 1674; *Smithsonian Miscellaneous Collections*, S 381.

— Smithsonian Institution. Astrophysical Observatory : *Annales*, A 1193.

— Smithsonian Institution. National Museum : *Bulletin*, S 380; *Proceedings*, P 612; *Reports*, R 553.

## Mexique.

MEXICO. — Asociación de Ingenieros y Arquitectos : *Revista mexicana de Ingenieria y Arquitectura*, R 896 *bis*[1].

— Departamento de Salubridad Publica : *Boletin del Instituto de Higiene*, B 503[1].

— Instituto de Biologia : *Anales*.

— Laboratoire de Plasmogénie : *Bulletin*.

— Sociedad cientifica « Antonio Alzate » : *Memorias y Revista*, M 695.

— Universidad nacional autonoma. Instituto de geologia : *Anales*, A 713.

TACUBAYA. — Universidad nacional. Observatorio astronomico nacional : *Anuario*, A 1904; *Catalogo astrografico*.

## Pérou.

LIMA. — Ministerio de fomento : *Boletin oficial de la Direccion de minas y petroleo*.

— Sociedad de Ingenieros del Peru : *Informaciones y Memorias*.

— *Revista de ciencias*, R 721 *bis*.

## Uruguay.

MONTEVIDEO. — Sociedad de cirugia : *Boletin*.

## OCÉANIE.

### Australie.

SYDNEY. — Australian National Research Council : *Australian Science Abstracts*, A 2596[2].
— Royal Society of New South Wales : *Journal and Proceedings*, T 390.
— University : *Journal of the Cancer Research Committee.*

### Indes Néerlandaises.

BANDOENG. — Netherlands India Volcanological Survey : *Bulletin*, B 2392[1].
— Dienst van den Mijnbouw : (Service géologique) : *Geologische Kaart van Java; Jaarboek van het Mijnwezen in Nederlandsch-Indië*, J 7; *Vulkanologische en seismologische mededeelingen*, V 262[2]; *Wetenschappelijke mededeelingen*, W 43[1] et D 204[1].

BATAVIA. — Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium : *Observations*, O 48; *Observations made at secondary Stations; Seismological Bulletin*, E 326; *Verhandelingen*, K 80.

LEMBANG. — Bosscha-Sterrenwacht : *Annalen.*

WELTEVREDEN. — Koninklije Natuurkundige Vereenigings in Nederlandsch-Indië *Natuurkundig tijdschrift voor Nederlandsch-Indië*, N 70.

---

## ERRATA.

---

(Séance du 11 juin 1934.)

Note de Mme *Lucie Randoin* et M. *Roger Netter*, Possibilité de réaliser, en l'absence de toutes les vitamines liposolubles connues, un équilibre alimentaire permettant la croissance et l'entretien du Rat :

Page 2120, lignes 5 et 6 à partir du bas, *au lieu de* Avec le régime RS n° 50 privé de vitamine A, pour doser la vitamine A, régime que nous utilisons, *lire* Avec le régime RS n° 50 privé de vitamine A, régime que nous utilisons pour doser la vitamine A.

Page 2121, ligne 10 à partir du bas, *au lieu de* (sources de vitamines B), *lire* (source de vitamines B).

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-DIX-HUITIÈME.

# COMPTES RENDUS
## DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

---

# TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1934.

## TABLE DES MATIÈRES DU TOME 198.

### 1° PARTIE SCIENTIFIQUE.

### A

B

## C

## D

# E

# F

## G

## H

# I

## K



## L

# M

## N



## O

# P

## S

# T

## U



## V

## X



## Z

## 2e PARTIE ACADÉMIQUE.

### A



### B

# C

## F



## H



## M



## N



## O

## P



## S



## U

# TABLE DES AUTEURS.

## A

## B

## C

## D

# E

## F

# G

## H

# I

# J

# K

# L

# M

## N

## O



## P

# Q



# R

## S

# T

## U

# V

## W

## Y

# Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
99800-34 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.